

# **NURMISÄILÖREHUN NESTEJAKEEN VAIKUTUKSET LIHASIKOJEN TUOTANTOTULOKSIIN**

Iina Hulkkonen  
Maisterintutkielma  
Helsingin yliopisto  
Maataloustieteiden osasto  
Kotieläintiede 2019

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty <b>Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta</b>		Laitos — Institution — Department <b>Maataloustieteiden osasto</b>	
Tekijä — Författare — Author <b>Iina Hulkkonen</b>			
Työn nimi — Arbetets titel — Title <b>Nurmisäilörehun nestejakeen vaikutukset lihasikojen tuotantotuloksiin</b>			
Oppiaine — Läroämne — Subject <b>Kotieläinten ravitsemustiede (KERAV)</b>			
Työn laji — Arbetets art — Level <b>Maisterintutkielma</b>		Aika — Datum — Month and year <b>helmikuu 2019</b>	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages <b>52 s.</b>
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Nurmi kasvaa Suomessa hyvin, ja siitä saatu säilörehu on hyvä valkuaisen lähde. Nurmisäilörehun nestejakeen soveltuvuudesta sikojen ravitsemuksen täydentäjänä tiedetään vähän. Mehu sisältää erilaisia aminohappoja, kuten lysiiniä ja metioniinia, joten puristemehu voisi korvata osan sikojen täydennysvalkuaisen tarpeesta.</p> <p>Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää säilörehumehupuristeen soveltuvuutta lihasikojen liemiruokinnan täydentäjänä ja kartoittaa siitä aiheutuneita tuotantovaikutuksia. Lisäksi tutkielmassa selvitettiin, voisiko säilörehumehu toimia kotoisena valkuaisenlähteenä ja soijan korvaajana. Tutkielma tehtiin osana Innofeed-hanketta.</p> <p>Koe toteutettiin loppukasvatuksen aikana Etelä-Pohjalaisessa lihasikalassa alkuvuodesta 2018. Kokeessa siat jaettiin kahteen ruokintaryhmään; kontrolli- ja koeryhmiin. Kokeeseen valittiin 256 lihasikaa, jotka jaettiin 16 ruokintaventtiilille. Koemallina käytettiin satunnaistettua vertailukoetta, ja havaintoyksikön muodostivat yhden ruokintaventtiilin siat. Säilörehumehu tuotettiin kaksoisruuvipuristimella. Kokeessa yhtä sikaa kohden säilörehumehua lisättiin liemirehun joukkoon ensimmäisen viikon aikana 32 g/kg ka, kolmen seuraavan viikon aikana 65 g/kg ka ja loppukokeen aikana 96 g/kg ka.</p> <p>Säilörehumehun kuiva-aine oli 70 g/kg, raakavalkuainen 279 g/kg ka, raakarasva 3,4 g/kg ka, kalium 70,7 g/kg ka ja pH 4,04. Kontrollirehun kuiva-aine oli 286 g/kg ja rehumehua sisältävän koerehun 273 g/kg. Koerehu sisälsi raakavalkuaista 10 g/kg ka enemmän kuin kontrollirehu. Aminohapoista lysiiniä koerehu sisälsi 0,7 g/kg ka vähemmän kuin kontrollirehu. Koerehun nettoenergia (NE) oli 0,16 MJ/kg matalampi kuin kontrollirehussa.</p> <p>Loppujakson kuiva-aineen saanti oli koeryhmässä 0,17 kg ka/eläin/päivä matalampi kuin kontrolliryhmällä (P&lt;0,05). Tässä tutkimuksessa koeryhmän päiväkasvu oli loppujaksolla 40 g/ sika matalampi kuin kontrolliryhmän sikojen (P&lt;0,01). Koeruokinnalla olleilla sioilla oli hieman kontrolliryhmää paremmat teurastulokset, kuten teuraspaino ja lihapro-sentti (P&lt;0,01).</p> <p>Säilörehumehua sisältävä liemirehu soveltui sikojen liemiruokintaan hyvin. Koerehu vaikutti vähän sikojen tuotantotuloksiin, koska koeruokinnalla olleet siat kasvoivat kontrolliryhmää hieman huonommin. Tämä selittyy koeryhmän matalammalla kuiva-aineen ja nettoenergian saannilla. Myös koeryhmän paremmat teurastulokset johtuivat todennäköisesti siitä, että koeryhmä sai vähemmän energiaa ja ne eivät tämän vuoksi rasvoittuneet.</p> <p>Tämän tutkimuksen perusteella säilörehumehua voidaan pitää potentiaalisena vaihtoehtona tulevaisuudessa liemirehun täydentäjänä. Valkuaisomavaraisuuden nostajana säilörehumehu olisi ekologinen vaihtoehto, nurmen viljely mahdollistaisi sikatiloilla viljelykierron ja kiintojae voisi toimia biojalostamon syötteenä.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords <b>Säilörehumehu, lihasika, tuotantovaikutukset, liemiruokinta, valkuaisomavaraisuus</b>			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited <b>Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto</b>			
Muita tietoja — Ötsiga uppgifter — Further information <b>Tutkimuksen toteutus: Luonnonvarakeskus (Luke), A-tuottajat, Innofeed-hanke Tutkielman ohjaus: professori Jarmo Valaja, Helsingin yliopisto</b>			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty <b>Faculty of Agriculture and Forestry</b>		Laitos — Institution — Department <b>Department of Agricultural Sciences</b>	
Tekijä — Författare — Author <b>Iina Hulkkonen</b>			
Työn nimi — Arbetets titel — Title <b>The influences of feeding pressed silage juice to fattening pigs</b>			
Oppiaine — Läroämne — Subject <b>Animal nutrition</b>			
Työn laji — Arbetets art — Level <b>Master's thesis</b>		Aika — Datum — Month and year <b>February 2019</b>	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages <b>52 p.</b>
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Grass grows well in Finland, and silage is a good protein source. Very little is known about the suitability of pressurized silage juice as a supplement to pig nutrition. The silage juice contains a variety of amino acids, so the silage juice can replace part of the protein requirement in pig diets.</p> <p>The aim of this thesis was to find out the suitability of pressed silage juice to fattening pigs and to map out the production effects they have caused. In addition, the thesis studied whether silage juice could serve as a self-sufficient protein source and soy substitute. The study was conducted as part of the Innofeed project.</p> <p>The experiment was done in the Southern Ostrobothnian piggery in early 2018. In the experiment, pigs were divided into two different feeding groups; control and study groups. 256 fattening pigs were selected for the study, divided into 16 feeding valves in the three sections of the pig farm. A randomized controlled trial was used as a test model, and the observation unit formed a single feed valve. The silage juice was produced by a screw-press. In the experiment, per one pig, silage juice was added at the first week 32 g/ kg DM /day, during the next three weeks 65 g/ kg DM / day and then 96 g/ kg DM / day.</p> <p>The dry matter of silage juice was 70 g / kg, crude protein 279 g/ kg DM, crude fat 3,4 g/ kg DM, potassium 70,7 g/ kg DM and pH 4,04. The dry matter of the control feed was 286 g / kg and dry matter of the silage juice containing feed was 273 g / kg. The feed with silage juice had 10 g / kg DM of crude protein more than the control feed. The study feed contained 0,7 g / kg DM less lysine from amino acids than the control feed. Net feed energy (NE) was 0,16 MJ / kg lower than in the control feed.</p> <p>The dry matter intake in the study group was 0,17 kg DM / pig / day lower than that of the control group (P &lt;0,05). The daily growth of the experimental group at the end of the period was 40 g / pig lower than the growth of the control group (P &lt;0,01). Pigs with test feeding had slightly better slaughter results than the control group, such as carcass weight and percentage of meat (P &lt;0,01).</p> <p>Silage juice containing feed was well suited for the feeding of pigs. The study diet had little effect on production, cause the pigs grew little less than the control group. This is explained by the lower intake of dry matter and net energy by the study group. Better slaughter results from the study group were also probably due to the less energy consumed and therefore the study group did not gain so much fat.</p> <p>Based on this study, silage juice can be considered as a potential addition for liquid feed. As a means of increasing protein self-sufficiency, silage juice would be an ecological alternative, grass cultivation would allow for crop rotation on pig farms and the left-over material could serve as feed for the biorefinery.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords <b>Silage juice, fattening pig, production effects, liquid feed, self-sufficiency of protein</b>			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited <b>Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library</b>			
Muuta tietoja — Övriga uppgifter — Further information <b>Execution of the study: National resources institute Finland, A-tuottajat and Innofeed project Supervisor: professor Jarmo Valaja, University of Helsinki</b>			

## Sisällys

1	JOHDANTO.....	5
2	VALKUAISOMAVARAISUUS .....	6
3	LIEMIRUOKINTA .....	7
3.1	Liemiruokinnan hyödyt ja haitat.....	8
3.2	Yleisimmin käytetyt liemirehut .....	10
4	NURMISÄILÖREHUSTA MEKAANISESTI EROTETTU NESTEJAE.....	12
4.1	Koostumus.....	12
4.2	Maittavuus ja soveltuvuus sioille .....	13
5	TUTKIMUKSEN TAUSTA, TAVOITTEET JA HYPOTEESEIT .....	15
6	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	16
6.1	Koeasetelma ja koe-eläimet.....	16
6.2	Säilörehumehun valmistus .....	17
6.3	Rehut ja ruokinta .....	20
6.4	Punnitukset, teurastus ja kokeesta poistetut siat.....	22
6.5	Rehunäytteet ja näytteiden analysointi .....	22
6.6	Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi .....	24
7	TULOKSET .....	26
7.1	Rehujen ja rehuaineiden kemiallinen koostumus.....	26
7.2	Ruokintojen energia-arvot .....	28
7.3	Puristenesteen saanto .....	29
7.4	Säilörehun ja kiintojakeen koostumus .....	30
7.5	Tuotantotulokset.....	31
7.6	Teuraslaatu .....	34
7.7	Kuolleisuus ja poistot .....	35
8	TULOSTEN TARKASTELU .....	36
8.1	Rehujen ja rehuaineiden kemiallinen koostumus.....	36
8.2	Puristusprosessi, nesteen saanto ja kiintojake .....	39
8.3	Tuotantotulokset.....	40
8.4	Tulosten luotettavuus ja sovellettavuus.....	41
9	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	42
10	KIITOKSET.....	44
11	LÄHTEET .....	45

# 1 JOHDANTO

Suomen omavaraisuusaste on täydennysvalkuaisen osalta vain 15 % (Niemi 2016). Valkuaisomavaraisuuden nostaminen nurmirehujen avulla koetaan tällä hetkellä yhtenä potentiaalisimmista vaihtoehtoista (Kaukovirta-Norja ym. 2015). Valkuaisomavaraisuuden säilyttäminen ja viherryttämisen parantaminen ovat keskeisiä teemoja myös EU:n yhteisessä maatalouspolitiikassa (CAP) vuosina 2014–2020 (Euroopan parlamentti ja Euroopan Unionin neuvosto 2013). Nurmen lisäksi Kaukovirta-Norja ym. (2015) listaavat, että valkuaisomavaraisuutta voitaisiin nostaa myös proteiinipitoisemmilla viljoilla, eläinperäisten sivutuotteiden, kuten luujauhon sallimisella ja valkuaiskasvien, kuten rypsin (*Brassica rapa L. oleifera*), rapsin (*Brassica napus L. oleifera*) sekä herneen (*Pisum sativum L.*) viljelyllä. Näiden viljelyssä on kuitenkin epävarmuuksia, esimerkiksi rypsin ja rapsin tulevaisuuteen vaikuttaa peittäusaineen käyttökielto EU:ssa. Uusia kotimaisia valkuaisen raaka-aineita sioille etsitään esimerkiksi härkäpavusta (*Vicia faba L.*) (Smith ym. 2013), hyönteisistä (Poelaert ym. 2016) ja simpukoista (Nørgaard ym. 2015).

Säilörehu on paremmin käytettävissä nautoille kuin sioille, koska märehitijät pystyvät hyödyntämään kuituja yksimahaisia tuotantoeläimiä paremmin (Peltonen-Sainio ja Niemi 2012, Kaukovirta-Norja ym. 2015). Nautojen määrän jatkuvasti vähentyessä (SVT 2018) on viime vuosina alettu miettiä muita käyttötarkoituksia nurmelle. Nurmirehua korjataan Suomessa parhaassa tapauksessa jopa kolme satoa vuodessa, joten sitä on hyvin saatavilla (Kaukovirta-Norja ym. 2015). Hyvin lannoitettu kasvusto ja aikaisin korjattu sato antavat parhaimman valkuaispitoisuuden. Rehumehu voidaan puristaa tuoreesta ruohosta (Stød-kilde ym. 2018) tai säilörehusta (Franco ym. 2018). Lisäksi säilörehumehu voi tarkoittaa puristenestettä, mikä on valunut esimerkiksi aumasta (Patterson ja Walker 1979a). Tässä tutkielmassa nurmisäilörehusta on erotettu nestejäte puristamalla ja siitä käytetään tutkielmassa yleisnimitystä säilörehumehu. Säilörehusta puristetun rehumehun hyötyinä ovat parempi hygieeninen laatu verrattuna aumasta valuneeseen puristenesteeseen. Lisäksi säilörehumehu säilyy tuoretta paremmin, koska rehumehun pH pysyy matalampana, kun nurmisäilörehun säilöntäaine siirtyy säilörehumehuun. Tämän vuoksi siihen ei tarvitse lisätä säilöntäaineita säilyvyyden varmistamiseksi. Etuna tuoreesta nurmirehusta puristetun rehumehuun on myös, että säilörehumehu voidaan puristaa sadonkorjuun jälkeen haluttuna ajankohtana, kun säilörehu voidaan ottaa rehu aumasta, toisin kuin tuorerehu täytyisi puristaa pian sadonkorjuun jälkeen.

Säilörehumehun soveltuvuudesta tai maittavuudesta sikojen ruokinnan lisänä ei tiedetä paljoa. Tämä tutkielma on rajattu käsittelemään säilörehumehua osana sian liemiruokintaa, koska se on Suomessa yleisin lihasikojen ruokintamuoto. Yleisimmin Suomessa käytetään sikojen ruokinnassa etanolateollisuuden sivutuotteita ohravalkuaisrehua tai ohra-rankkia. Kotieläinten ruokinnassa on alettu kiinnittää enemmän huomiota rehujen kasvatusten menetelmiin, resurssien kulutukseen ja ekologiseen kestävyYTEEN (Niemi ja Huan-Niemi 2012). Tämän vuoksi on tärkeää selvittää, soveltuisiko kotoinen säilörehumehu osaksi lihasikojen ruokintaa myös tuotantovaikutusten osalta. Tutkielmassa selvitetään myös, voisiko säilörehumehu toimia kotoisena valkuaisenlähteenä ja soijan korvaajana.

## 2 VALKUAISOMAVARAISUUS

Suomi ja Eurooppa ovat riippuvaisia muualta tuodusta valkuaisesta, kuten soijasta (Niemi 2016). Täydennysvalkuaisen avulla korvataan kotimaisen viljan ja muiden rehujen valkuaisen puutteita tuotantoeläinten ruokinnassa. Soijarouheelle etsitään jatkuvasti korvaavia valkuaisenlähteitä. Kolme suurinta soijapavun tuottajaa ovat Yhdysvallat, Brasilia ja Argentiina (Niemi ja Huan-Niemi 2012). Aasian ja Euroopan täytyy tuoda suuria määriä soijaa, jotta maidon ja lihantuotanto ei kärsisi. Esimerkiksi Euroopassa kaikki broilerit, 50 prosenttia sioista ja 20 prosenttia lehmistä jäisivät ilman proteiinin lähdettä, jos soijaa ei olisi (Niemi ja Huan-Niemi 2012). Soijan omavaraisuus Euroopassa on vain 5 prosenttia, vaikka sitä käytetään valkuaisrehuista eniten (30 %) (FEFAC 2016). Suomeen tuodaan soijan ohella merkittävästi myös rapsipohjaisia valkuaisrehuja. Omavaraista valkuaisrehutuotantoa tarvitaan, koska maailman elintarviketuotantojärjestelmä on tullut toisistaan entistä riippuvaisemmaksi ja maatalouden tuotantopanosten kauppa on kasvanut valtavasti (Niemi ja Huan-Niemi 2012).

Sikojen ja siipikarjan ruokinnassa käytetään runsaasti soijaa, koska siinä yhdistyy oikeanlainen aminohappokoostumus, edullinen hinta ja hyvä saatavuus. Suomessa lihasioille ruokitaan soijaa kuitenkin muihin maihin verrattuna vähemmän, koska valkuaisstarpeesta 60 prosenttia tulee kotimaisista viljoista (Antikainen ym. 2017). Kasvavalle sialle on tärkeää, että valkuainen on rakentunut oikeanlaisista aminohapoista oikeassa suhteessa (Boisen ym. 2000). Suomessa käytetään paljon valkuaisrikkaita nestemäisiä OVR-rehuja, joita saadaan sivutuotteena esimerkiksi Koskenkorvalta (Altia Industrial 2018). Useissa muissa maissa viljan sijasta on käytössä korkeaenerginen maissi, missä valkuaispitoisuus

on alhaisempi. Proteiini on usein rehujen kallein ravintoaine sikojen ruokavalioissa, joten aminohappokoostumus sekä valkuaisen sulaminen ja imeytyminen ohutsuolessa ovat tärkeitä ominaisuuksia (National Research Council 2012, Luke 2018). Aminohappokoostumukseltaan heikompia rehuja voidaan kuitenkin täydentää synteettisillä aminohapoilla tiiloilla, jotka eivät ole luomusertifioituja (Kaukovirta-Norja ym. 2015). Esimerkiksi sioilla ensimmäisen rajoittavan aminohapon lysiinin lisäämistä rehujen joukkoon on tutkittu hyvin tuloksin (Valaja 1998). Muita palkoviljoja soijan ohella, joita käytetään sikojen ruokinnassa, ovat esimerkiksi herne ja härkäpapu (Siljander-Rasi 2016).

Erottamalla säilörehusta mekaanisesti puristamalla liukoiset ravintoaineet, se muuntuu myös sikojen ravinnoksi (Rinne ym. 2018). Nishino ym. (1991) ovat osoittaneet, että neste sisältää valkuaista ja erilaisia hiilihydraatteja. Rinteen ym. (2018) mukaan rehumehu voidaan lisätä sikojen liemirehun joukkoon sellaisenaan. Nurmirehu on ainoa valkuaisrehu, jolla ei ole tuontia tai vientiä, joten se on aina kotimaista (Niemi 2016). Lisäksi nurmi ei kilpaile ihmisravinnon kanssa, koska nurmea voidaan viljellä sellaisillakin alueilla, millä useita muita viljelykasveja ei voida (Mottet ym. 2017).

### 3 LIEMIRUOKINTA

Liemiruokinta on Suomessa yleisin sikojen ruokintamuoto (Antikainen ym. 2017). Se on yleistä myös Länsi-Euroopassa ja Brasiliassa, mutta vasta kehittymässä Pohjois-Amerikassa (De Lange ja Zhu 2012). Liemiruokinnassa käytetään tehokkaasti hyväksi elintarviketeollisuuden sivutuotteita, kuten ohravalkuaisrehua (OVR) ja maitohuuhteita (Antikainen ym. 2017). Koska rehut ovat sivutuotteita, ne ovat luonnollisesti riippuvaisia päätuotteen valmistuksesta. Joidenkin elintarviketeollisuuden sivutuotteiden kausiluonteisuus ja homogeenisuuden puute voivat tuottaa maatiloille ongelmia, jos oikeanlaista rehua ei ole saatavilla (Brooks ym. 2001).

Ympäri maailman käytetään paljon erilaisia liemiruokintalaitteistoja, jotka vaihtelevat yksinkertaisista ja manuaalisista nestesyöttö- ja jakelujärjestelmistä erittäin koneellisiin ja automatisoituihin järjestelmiin. Joillakin maatalouden sivutuotteilla saattaa olla niin korkea kuitu- tai kosteuspitoisuus, etteivät ne sovi kuivaruokintajärjestelmään esimerkiksi putkistojen tukkiutumisvaaran vuoksi (Brooks ym. 2001). Liemiruokintalaitteisto

sisältää tyypillisesti keskitetyn sekoittavan syöttösäiliön, sekä pumppuja ja putkia liemirehun kuljetukseen (De Lange ja Zhu 2012). Nestemäisten syöttöjärjestelmien käyttö vaatii tietokone- ja teknisiä taitoja ja huomiota yksityiskohtiin, erityisesti kun ruokitaan teollisuuden sivutuotteita, joilla on vaihteleva ravintoainepitoisuus. Liemiruokintaputkistojen säännöllinen puhdistaminen on tärkeää, ettei putkistoihin jäänyt ja siellä hallitsemattomasti ja haitallisesti käynyt rehu pääse saastuttamaan putkistossa kulkevaa rehua (Beal ym. 2005).

### **3.1 Liemiruokinnan hyödyt ja haitat**

Liemiruokinnan hyötyjä on tutkittu usean vuosikymmenen ajan ja monet tutkimukset ovat vertailleet liemiruokintaa kuivarehuilla ruokkimiseen (Braude ja Rowell 1967, Cumby 1986, Canibe ja Jensen 2003). Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että liemiruokinta on sian rehunkulutuksen ja kasvun kannalta parempi rehustusmuoto kuin kuivaruokinta (Braude ja Rowell 1967, Canibe ja Jensen 2003). Jotta liemirehu kulkeutuisi putkistossa, kuiva-ainepitoisuus on usein noin 23 prosenttia ja koostumus on vellimäistä (Scholten ym. 1999). Brauden ja Rowellin (1967) mukaan verrattaessa liemiruokinnalla ja kuivaruokinnalla olevia sikoja, kuivarehua saaneiden sikojen kasvunopeus ja rehun kulutus olivat huomattavasti heikommät kuin liemirehua saaneiden sikojen. Rehun kosteuspitoisuus ei vaikuttanut merkittävästi rasvan määrään ruhosssa. Kuivarehua saaneiden sikojen ruhojen pituudet olivat myös hieman lyhyempiä.

Liemiruokinnan etuja kuivaan rehuun verrattuna ovat myös parantunut suoliston terveys, edullisten teollisuuden (elintarvike- ja biopolttoaineteollisuus) sivutuotteiden hyväksikäyttö, parantunut hyötysuhde sekä entsyymien ja mikrobien helppo sekoitettavuus liemen joukkoon (Cumby 1989, Brooks ym. 2001, De Lange ja Zhu 2012). De Langen ja Zhun (2012) mukaan liemiruokinnan edut voivat parantaa sikojen kasvua ja rehunkäyttökykyä, vähentää antibioottien tarvetta ja parantaa ihmisten näkemyksiä sianlihantuotannosta ja sianlihatuotteista. Cumbyn (1989) mukaan sikojen terveys parani liemiruokintaa käytettäessä, koska se vähensi pölyn määrää sikalassa. Pölyn määrän väheneminen parantaa työntekijöiden ja sikojen olosuhteita sekä vähentää sikojen hengityselinsairauksien määriä.



Liemirehuissa tapahtuu aina luontaista käymistä ja hyvälaatuisen käymisen vaikutuksia on tutkittu suhteellisen paljon. Sikojen päivittäinen rehunkulutus ja painonnousu olivat Caniben ja Jensenin (2003) tutkimuksessa liemiruokinnalla korkeampia verrattuna kiviin rehuun. Myös Scholten ym. (1999) tutkimuksessa analyysit fermentoiduista rehuista osoittivat, että liemirehulle ominaista oli korkea mikrobipopulaation määrä ja alhainen pH (3,5–4,5). Nämä ominaisuudet voivat omalta osaltaan parantaa kasvua. Scholten ym. (1999) mukaan liemiruokinnalla voidaan lisäksi vaikuttaa positiivisesti ruoansulatukseen ja ravintoaineiden imeytymiseen. Partasen ja Mrozin (1999) mukaan rehun pH:n ja happoja sitovan puskurikapasiteetin väheneminen sekä orgaanisten happojen lisääminen sikojen rehun joukkoon parantaa päivittäistä hyötysuhdetta ja rehun syöntiä. Van Winsen ym. (2000) mukaan liemiruokinnan alhainen pH vähentää salmonellariskiä. Syynä salmonellan vähentymiseen fermentoituneessa rehussa pidettiin rehun maito- tai etikkahaposta johtuvaa happamuutta. Myös muurahaishappoa käytetään yleisesti liemirehuissa (De Lange ja Zhu 2012, Missotten ym. 2015).

Brooks ym. (2001) huomautti, että fermentoitu rehu parantaa sikojen tuotantotuloksia vain, jos rehun saanti tai ruoansulatuskanavan mikrobiston kunto paranee fermentoidulla rehulla ruokittaessa. Useat tutkimukset (Van Winsen ym. 2001, Canibe ja Jensen 2003, Canibe ja Jensen 2012, Missotten ym. 2015) ovat osoittaneet, että fermentoitu nestemäinen rehu, missä pH on alle 4,5 ja maitohappobakteerien taso korkea, on tehokas tapa estää sian kasvulle haitallisten patogeenien, kuten koliformien ja salmonellan esiintymistä sian ruoansulatuskanavassa. Sillä, miten ruokavalion muutokset vaikuttavat sian suolen mikrobiston rakenteeseen ja toimintaan on ratkaiseva rooli ravinteiden imeytymisessä, aineenvaihdunnassa ja immuunijärjestelmän toiminnassa (Wang ym. 2018).

Liemirehuilla on paljon hyötyjä, mutta myös haittoja on löydetty. Nestemäinen ruokinta voi liittyä joidenkin sairauksien kehittymiseen, kuten suolen verenvuototautiin (engl. haemorrhagic bowel syndrome), vatsakipuun, suoliston kaasun kerääntymiseen ja mahaavaan (Missotten ym. 2010). Mikäli rehun hiivapitoisuus pääsee nousemaan liian korkeaksi käymisprosessissa, ei fermentoituminen tapahdu oikealla tavalla (Brooks ym. 2001). Tällöin rehussa voi esiintyä erilaisia yhdisteitä, kuten etikkahappoa ja etanolia, mitkä huonontavat rehun maittavuutta. Rehun käymisprosessi voi myös aiheuttaa välttämättömien ravintoaineiden menetyksen rehuista, erityisesti synteettisistä aminohapoista, joita lisätään tarkoituksellisesti ruokintaan (Brooks ym. 2001, Canibe ja Jensen 2003).

### 3.2 Yleisimmin käytetyt liemirehut

Sikojen liemiruokinnan täydentäjänä käytetään elintarvikkeiden, juomien ja biopolttoaineiden valmistuksesta syntyneitä sivutuotteita (FEFAC 2009). Keskimäärin sivutuotteet edustavat 45 % tavanomaisesta sikojen ja siipikarjan rehujen koostumuksesta Euroopassa. Kuivaamattomia liemiruokintaan lisättäviä komponentteja käytetään lihasikojen ruokinnassa. Euroopassa yleisimmin käytetyt raaka-aineet ovat nestemäinen vehnätärkkelys ja juuston valmistuksesta syntynyt hera (Scholten ym. 1999). Suomessa hyödynnetään tehokkaasti vilja- ja elintarvikesektorin sivutuotteita, kuten ohravalkuaista ja rankkia alkoholiteollisuudesta (Valaja 1998), panimoiden hiivalientä oluenvalmistuksesta (Chu ym. 2009), meijereiden maitohuuhteita (Antikainen ym. 2017), heraa juustonvalmistuksesta (Niven ym. 2009) ja perunaproteiinia (Ncobela ym. 2017). Amerikassa sioille ruokitetaan yleisimmin maissipitoisia rehuja (Stein ym. 2006, De Lange ja Zhu 2012, Sol ym. 2016).

Tärkkelysetanolin valmistuksessa syntynyt proteiinirikas sivutuote on potentiaalinen rehuvalmiste niin märehtijöille kuin sioille ja siipikarjalle (Valaja 1998). Nykyaikainen tärkkelysetanolin valmistus alkoi Suomessa vuonna 1987 Koskenkorvalla. Tämänhetkiset ohravalkuaisen toimittajat ovat Altia Industrial Koskenkorva ja St1 Jokioinen (Altia Industrial, St1). Ohravalkuaisen koostumus riippuu valmistustavan tuotantoprosessista. Integroidussa prosessissa suurin osa rehun ainesosista poistetaan ennen alkoholin valmistusta, jolloin vältetään monet lämmitysvaiheet, jotka voivat heikentää rehun laatua (Näsi 1989).

Kuivatun tärkkelysrankin koostumus vaihtelee, vaikka kyseessä olisikin sama raaka-aine, kuten ohra, koska käymisprosessi, kuivatuslämpötila ja rankkiin lisättyjen nesteiden määrä voivat olla erilaisia (Näsi ja Aimonen 1992). Etanolateollisuuden sivutuotteissa on runsaasti raakavalkuaista, rasvaa, sulavaa kuitua ja kivennäisiä (Stein ym. 2006). Teollisuuden sivutuotteissa valkuaispitoisuus, valkuaisen näennäinen ohutsuolisulavuus sekä aminohapot ovat yleensä paljon korkeampia kuin viljassa (Buraczewska ym. 1996). Viljatärkkelyssivutuotteen käyttömäärä riippuu tuotteen valkuaispitoisuudesta ja vaatii lisäksi sopivan teollisen täydennysseoksen, jotta aminohapot, erityisesti lysiini, tasapainotuvat ja eläin saa tarvitsemansa kivennäiset, vitamiinit ja hivenaineet.

Erilaisten viljarankkien soveltuvuutta sikojen ruokintaan on tutkittu paljon (Näsi 1985, Näsi ja Aimonen 1992, Buraczewska ym. 1996). Näsin (1985) mukaan kuoritusta ohrasta, vehnästä ja rukiista saatujen kuivattujen rankkien raakavalkuaispitoisuus oli 34–42 % ja ohrarankkiuutteen 25 %. Rankkien orgaaninen aine sulii lihasioilla 56–83 % ja raakavalkuainen 56–76 %. Kokeen tuloksena ruisrankki sulii sikojen ruuansulatuselimistössä huommin kuin muut rehut. Buraczewska ym. (1996) osoittivat, että ohravalkuaisen ja ohrarankin näennäiset ohutsuolisulavuudet ovat korkeita (83,6 % ja 79,9 %). Näsin ja Aimonen (1992) mukaan viljan jyvien kuorinta ja etanolinvalmistuksen sivutuotteiden ruokinta liemenä ovat parantaneet rehun sulamista ja imeytymistä sioilla. Myös maittavuus on hyvä, mikäli ohratärkkelyksen osuus on kohtuullinen.

Valaja (1998) osoitti, että kuivaamattomien ohravalkuaisen, ohravalkuaiskuidun ja rankin valkuainen ja aminohapot sulivat hyvin ohutsuolessa. Ohravalkuaisrehun välttämättömyiden aminohappojen sulavuus oli 87,0 %, rankin 83,1 % ja ohravalkuaiskuidun 81,9 %. Aminohappokoostumus tutkituissa raaka-aineissa oli Valajan (1998) mukaan köyhä verrattuna sikojen aminohappovaatimukseen. Valkuaisen kokonaissulavuuden osalta ohravalkuainen sulii parhaiten (89,3 %), rankki hyvin (87,0 %) ja ohravalkuaiskuidun koerehuista huonoiten (83,5 %). Lysiini ja treoniini olivat Valajan (1998) tutkimuksessa rajoittavimmat aminohapot. Valaja (1998) osoitti, että ohravalkuaisrankkia voidaan sisällyttää sian ruokavalioon 10 % asti ilman haitallisia vaikutuksia. Useat aiemmat tutkimukset (Näsi 1989, Näsi ja Aimonen, 1992, Valajan 1998) ovat osoittaneet, että ohravalkuaisen korkeasta valkuaispitoisuudesta huolimatta rehun joukkoon on välttämätöntä lisätä lysiiniä, koska tärkkelysrehujen matala lysiinipitoisuus rajoittaa sivutuotteiden käyttöä ainoana valkuaisenlähteenä sioilla. Mikäli lysiiniä lisätään viljatärkkelyksen joukkoon, voidaan Näsin (1989) mukaan soijarouheen määrästä peräti kaksi kolmasosaa korvata ohratärkkelyksellä sian ruokavaliossa.

Viljojen ja viljan sivutuotteiden fosfori on enimmäkseen sitoutunut fytaattimuodossa, jolloin sen saatavuus on alhainen, yleensä vain noin 30 %. Kuitenkin Buraczewska ym. (1996) osoittivat, että kuivaamattoman ohravalkuaisen ja ohrarankin fosforin imeytymisen oli korkea ja parempi rankilla kuin ohravalkuaisella (42,3 % vs 33,2 %). Tutkijat arvelivat tämän johtuvan prosessista, kun viljaa käytetään kuivaamattomana. Viljassa olevien luontaisten entsyymien aktiivisuus tai hiivakäyminen voivat heikentää fytaattien sitoutumista ja siten vaikuttaa fosforin parempaan saatavuuteen. Lisäksi tärkkelysetanolin

valmistuksessa ohra kuoritaan, jolloin luontainen fytaasiaktiivisuus vähenee. Myös murskaus korkeassa lämpötilassa vähentää viljan ja viljan sivutuotteiden fytaasipitoisuutta.

## 4 NURMISÄILÖREHUSTA MEKAANISESTI EROTETTU NESTEJAE

### 4.1 Koostumus

Säilörehumehun koostumusta on tutkittu melko vähän entuudestaan sikojen ravitsemuksen kannalta. Useat säilörehumehun kemialliseen koostumukseen liittyvät tutkimukset on tehty biokaasulaitoksiin syöttämistä varten (Koschuh ym. 2004, Koller ym. 2005). Nishino ym. (1991) mukaan säilörehumehu sisältää runsaasti proteiineja ja liukoisia komponentteja sekä soveltuu kotieläimille. Nishino ym. (1991) olivat tutkineet säilörehumehun koostumusta tutkimuksessaan, missä vuohille ruokittiin riisin olkia, joihin oli sekoitettu italianraiheinästä puristettua rehumehua.

Nurmisäilörehun valmistus ja koostumus voivat vaihdella paljonkin. Säilörehua voidaan tehdä eri raaka-aineista, esimerkiksi timoteinurminata-seoksesta (Rinne ym. 2018), raiheinästä (Kromus ym. 2004) tai puna-apilasta (Thang ja Novalin 2008). Lisäksi säilöntä- ja varastointitavat voivat vaihdella. Tämän vuoksi puristetun säilörehumehun koostumus voi vaihdella paljonkin (taulukko 1). Tutkimusten säilörehumehun kuiva-aine vaihteli 50–100 g/kg välillä. Rehumehu oli useimmissa tutkimuksissa selvästi hapanta (pH 4), mutta Nishino ym. (1991) tutkimuksessa lähempänä neutraalia. Rehumehu sisälsi hyvin raakavalkuaista ja erilaisten aminohappojen pitoisuuksia oltiin myös tutkittu (lysiini). Lisäksi rehumehu sisältää sokereita, tuhkaa, erilaisia happoja ja epäorgaanisia suoloja. Patterson ja Walker (1979a) tutkimuksessa oli keskitytty säilörehumehun kuiva-aine ja valkuaispitoisuuksiin sekä lyhytketjuisten orgaanisten happojen pitoisuuksiin. Säilörehu oli tehty raiheinästä ja sen kuiva-ainepitoisuus oli 203–265 g /kg. Patterson ja Walker (1979a) tutkimuksessa käytettyä rehunestettä ei oltu puristettu puristimella, vaan luontaisesti paineen vaikutuksesta esimerkiksi siilossa puristunut neste oli kerätty analysoitavaksi. Puristenesteen määrä oli riippuvainen säilörehun kuiva-aineen määrästä: mitä korkeampi kuiva-aine säilörehussa, sitä korkeampi kuiva-aine oli myös puristenesteessä.

Taulukko 1. Säilörehumehun koostumustietoja eri tutkimuksista.

	1	2	3	4	5	6	7
Raaka-aine	raiheinä	italianrai- heinä	-	raiheinä	-	puna- apila ja raiheinä	-
pH	3,24-3,82	6,12	-	-	4,26– 4,32	-	4,0
Kuiva-aine	61,5– 109,7 g/kg	51,2 g/kg	85,7 g/l	85,7 g/kg	19,55 g/l	-	112 g/kg
Raakavalkuainen	190–337 g/kg ka	218 g/kg ka	28,8 g/l	28,78 g/l	6,5 g/l	-	-
Aminohapot	-	-	-	-	-	22,8 g/l	18,9 g/l
Lysiini	-	-	-	-	-	-	1,01 g/l
Tuhka	149–217 g/kg ka	232 g/kg ka	23,8 g/l	23,84 g/l	26,2 %	-	-
Maitohappo	-	-	-	30,52 g/l	57,25 g/l	35 g/l	32,4 g/l
Etikkahappo	-	-	-	-	29,80 g/l	2,0 g/l	6,11 g/l
Propionihappo	-	-	-	-	8,40 g/l	-	-
Asparagiinihappo	-	-	-	-	-	-	1,76 g/l
Ammonium N	-	-	-	-	0,38 g/l	-	-
Sokerit	-	-	-	-	-	26,85 g/l	-
Glukoosi	-	-	-	-	32,50 g/l	-	1,10 g/l
Fruktoosi	-	-	-	-	36,25 g/l	-	1,10 g/l
Laktoosi	-	-	-	-	5,38 g/l	-	-
Arabinoosi	-	-	-	-	3,05 g/l	-	-
Xyloosi	-	-	-	-	0 g/l	-	-
Epäorgaaniset suolat	-	-	-	-	-	62,78 g/l	13,8 g/l
Vesiliukoiset hii- lihydraatit	-	535 g/kg ka	-	6,78 g/l	-	-	-

1 Patterson ja Walker (1979a)

2 Nishino ym. (1991)

3 Koschuh ym. (2004)

4 Kromus ym. (2004)

5 Koller ym. (2005)

6 Thang ja Novalin (2008)

7 Ecker ym. (2012)

## 4.2 Maittavuus ja soveltuvuus sioille

Säilörehumehun soveltuvuutta lihasikojen ruokinnan täydentäjänä on tutkittu entuudestaan vähän. Patterson ja Walker (1979a, 1979b) tutkivat säilörehusta valuneen puristenes-teen lisäämistä lihasikojen ruokintaan. Puristenes-teen täytti kasvavan sian välttämättömien aminohappojen tarpeen (Patterson ja Walker 1979a). Patterson ja Walker (1979a) osoit- tivat myös, että kalsium- ja fosforipitoisuus kuiva-aineessa oli noin kaksinkertainen siko- jen tarpeeseen nähden. Tutkijat totesivat, että mikäli säilörehunestettä sisällytettäisiin

noin 10 % kuiva-aineesta sikojen ruokintaan, se takaisi kuparia lukuun ottamatta kaikkien kivennäisten tarpeen. Neste sisälsi kaliumia 23,4 g / kg ka. Patterson ja Walker (1979b) tutkimuksessa käytettiin tuoreesti kerättyä valunutta säilörehupuristetta ja sitä käytettiin korvaamaan 150g/kg ka sikojen ruokinnassa. Säilörehumehun osuus (150 g/kg ka) oli määritetty aiemman tutkimuksen (Patterson ja Walker 1979a) perusteella. Tutkijat uskoivat, ettei säilörehumehu aiheuttaisi ongelmia maittavuuden tai ruoansulatuksen kanssa (Patterson ja Walker 1979b). Rehumehun saanti ei vaikuttanut negatiivisesti kasvuun tai syöntiin, kun kokeessa säilöntäaineena käytettiin formaliinia. Nesteen määrä voitiin nostaa nopeasti 150 g/kg ka ilman sivuvaikutuksia. Huomionarvoista oli, että tällä määrällä ruokittaessa mineraaleja ei sisältynyt ruokavalioon liikaa. Tutkijat kuitenkin arvioivat, että kokonaismäärän lisääntyessä kaliumin saannin runsaus saattaisi muodostua ongelmaksi.

Rinne ym. (2018) toteuttivat toukokuussa 2017 säilörehumehun maittavuuskokeen sika-tilalla, minkä tavoitteena oli selvittää säilörehumehun maistuvuutta sioille. Maittavuuskokeessa säilörehu valmistettiin timoteistä ja nurminadasta, mistä puristettiin rehumehua Haarslev-merkkisellä kaksoisruuvipuristimella. Puristenesteen saannoksi saatiin 48,8 % tuorepainosta. Mehun kuiva-ainepitoisuus oli 100 g /kg ja se sisälsi 166 g /kg ka raaka-alkuaista. Rinne ym. (2018) tutkimuksessa koe toteutettiin 10 sian karsinassa 5 päivän ajan nousevalla määrällä säilörehumehua. Kokeen lopussa rehumehun määrä oli 4 litraa päivässä sikaa kohden. Maittavuuskokeen perusteella rehu soveltui hyvin niin sioille kuin lehmillekin. Siat söivät kokeen aikana mehua hyvin täysrehuun sekoitettuna. Sikojen uloste kuitenkin löystyi toisen koepäivän jälkeen kiinteytyen normaaliksi 2 vuorokaudessa koejakson jälkeen. Todennäköisin syy Rinne ym. (2018) mukaan sonnan löystymiseen oli rehun runsas kaliumpitoisuus, noin 7 g /kg. Sonnan löystyminen ei kuitenkaan vaikuttanut sikojen kasvuun tai aiheuttanut niille muita terveydellisiä ongelmia.

Adler ym. (2018) tutkivat muurahaishapolla säilötyn rehumehun soveltuvuutta kasvavilla sioilla. Kokeen koeryhmän ruokintaan oli tässä tutkimuksessa sisällytetty 10 % rehumehua muun liemirehun seassa. Ruokinta sisälsi soijaa koe- ja kontrolliryhmissä. Liemirehun kuiva-ainepitoisuus oli 200 g/kg. Tutkijat osoittivat, että 10 % rehumehun sisällyttäminen liemiruokinnan joukkoon vähensi elopainon nousua koeryhmässä loppukasvatuksessa olevilla sioilla 38 grammalla päivässä verrattuna kontrolliryhmään. Adler ym. (2018) tutkimuksessa omega-3: omega-6-suhde rehumehua saaneiden sikojen ihonalaisessa rasvassa oli parempi kuin kontrolliryhmällä. Myös Carton ym. (1983) olivat saaneet

samanlaisia tuloksia ruokittaessa englanninraiheinästä valmistettua säilörehumehua (ka 11,7 %). Tutkimuksessa rehumehun pH oli 4 ja säilöntäaineena käytettiin muurahaishappoa ja formaliinia. Rehumehudieetillä olleet siat kasvoivat loppukasvatusvaiheessa kontrolliryhmää huonommin. Koska rehumehun energiataso on matala, tutkijat havaitsivat, että on tärkeää ruokkia riittävästi mehua, jotta eläimet säästyvät energian puutokselta. Tutkimuksessa havaittiin maittavuusongelmia, kun ruokittiin 4 viikkoa vanhaa rehumehua.

Barber ym. (1980) tutkivat tuoreesti puristetun sinimailasmehun käyttöä sikojen valkuaisäydyntäjänä. Rehumehua puristettiin päivittäin ja ruokittiin sioille ilman lisättyä säilöntäainetta 22 tunnin kuluessa puristuksesta kahdesti päivässä. Rehulla korvattiin puolet sikojen saamasta lisävalkuaisen määrästä. Rehumehua saaneet siat kasvoivat samoin kuin kontrollisiat ja niillä oli suurempi rehun kulutus, mutta matalampi rehuhyötysuhde. Rehumehua saaneilla sioilla oli myös paksumpi selkäsilava ja hieman huonompi kaupallinen luokittelu. Stødkilde ym. (2018) mukaan tuoreesta apilanurmesta puristettu rehumehu voisi olla lupaava valkuaisenlähde yksimahaisille eläimille, koska sen valkuainen oli hyvin sulavaa.

## 5 TUTKIMUKSEN TAUSTA, TAVOITTEET JA HYPOTEESEIT

Tämä tutkielma on tehty yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen ja A-tuottajien kanssa. Tutkielma kuuluu osana Innofeed-hankkeeseen, jonka tarkoituksena on selvittää uusia mahdollisuuksia säilörehun käytölle. Innofeed-hankkeessa kehitetään ja testataan menetelmiä, joilla säilörehusta voitaisiin valmistaa rehua yksimahaisille eläimille, kuten sioille. Hanke alkoi 1.9.2015 ja se päättyi 31.8.2018. Hanketta rahoitti Business Finland (ent. TEKES). Hankkeen toteuttajina toimivat VTT ja Luke. Mukana hankkeessa osarahoittajina olivat myös A-rehu, Gasum, Pohjolan Maito, Pellon, Pirteä Porsas, Roal, Eastman, Toholammin Kehitys ja Valio.

Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää säilörehumehupuristeen soveltuvuutta lihasikojen liemiruokinnan täydentäjänä ja kartoittaa lihasikojen loppukasvatuksen tuotantovaikutuksia. Tavoitteena oli selvittää, soveltuisiko puristettu säilörehuneste ko-

toiseksi valkuaisenlähteeksi sioille korvaamaan soijaa ja nostamaan valkuaisomavaraisuutta. Nestemäisen puristejakeen soveltuvuutta lihasikojen ravitsemuksen täydentäjänä ei ole ennen Innofeed-hanketta tiettävästä tutkittu.

Tutkielman hypoteesit olivat:

1. Prosessoitu säilörehumehu soveltuu ominaisuuksiltaan osaksi lihasikojen komponenttiliemiruokintaa, koska puristettu säilörehumehu sisältää hyvän aminohappojen laadun. Säilörehumehussa on myös muita potentiaalisesti arvokkaita ominaisuuksia, se laskee pH:ta stabiloiden rehua ja ruoansulatuskanavan sisältöä, sekä sisältää energiaa, kivennäisaineita ja vitamiineja.
2. Rehumehun ruokinta ei vaikuta negatiivisesti sikojen tuotantotuloksiin, kuten kasvuun ja teuraslaatuun.
3. Valkuaistäydennysrehujen omavaraisuuden nostaminen on tämän projektin avulla mahdollista, kun säilörehumehu voi korvata osan sioille ruokitusta soijasta.

## 6 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 6.1 Koeasetelma ja koe-eläimet

Koe toteutettiin loppukasvatuksen aikana Etelä-Pohjalaisessa lihasikalassa 9.1–7.3.2018. Kokeeseen valittiin 256 mahdollisimman saman painoista lihasikaa, joita ei oltu lääkitty alkukasvatuksen aikana. Porsaasivat olivat syntyneet ja alkukasvatettu Varsinais-Suomessa. Rodultaan siat olivat kolmiroturisteyksiä, joiden emakko oli Tanskan Yorkshire x Tanskan maatiainen -risteytys ja isä tanskalainen Duroc.

Siat jaettiin 16 ruokintaventtiilille sikalan kolmelle osastolle (taulukko 2). Venttiilit arvottiin kontrolli- ja koeryhmiin, jolloin molemmissa ryhmissä oli yhteensä 128 sikaa 8 eri venttiilillä. Yksi ruokintaventtiili ulottui kahteen eri karsinaan, jotka nimettiin a ja b karsinoiksi. Yhdellä ruokintaventtiilillä sikoja oli yhteensä 16, molemmissa karsinoissa 8



sikaa. Varalle kokeeseen jäi yhteensä 3 venttiiliä, joille ruokittiin kontrollirehua. Ko-  
keesta jätettiin pois yhteensä 5 venttiiliä, jotka olivat sairaskarsinoita tai jos ennen kokeen  
alkua oltiin havaittu sikojen pienempiä alkupainoja. Siat kasvatettiin sukupuolilajiteltuina  
niin, että yhdellä venttiilillä oli saman sukupuolen edustajia. Koemallina käytettiin sa-  
tunnaistettua vertailukoetta ja havaintoyksikön muodostivat yhden ruokintaventtiilin siat.

Taulukko 2. Koeasetelma

Osasto 1				Osasto 2					Osasto 3					
Kars	Vent	ovi	Vent	Kars	Kars	Vent	ovi	Vent	Kars	Kars	Vent	ovi	Vent	Kars
1a	1		8	8a	9a	9		16	16a	17a	17		24	24a
1b				8b	9b				16b	17b				24b
2a	2		7	7a	10a	10		15	15a	18a	18		23	23a
2b				7b	10b				15b	18b				23b
3a	3		6	6a	11a	11		14	14a	19a	19		22	22a
3b				6b	11b				14b	19b				22b
4a	4		5	5a	12a	12		13	13a	20a	20		21	21a
4b				5b	12b				13b	20a				21b

Vihreät solut: Koeruokinta, sis. rehumehu

Valkoiset solut: Kontrolliruokinta

Siniset solut: Varalla kokeeseen, ruokittu kontrollirehulla

Punaiset solut: Ei kokeeseen

## 6.2 Säilörehumehun valmistus

Säilörehumehu valmistettiin puristamalla se Jokioisilla Minkiön navetalla talvella 2018. Säilörehumehu puristettiin Jokioisilla kesäkuussa 2017 tehdystä timoteinurminatasäilö-  
rehusta, mikä oli säilötty aumaan. Säilörehussa oltiin käytetty muurahaishappopitoista  
AIV 2 Plus –säilöntäainetta.

Säilörehumehun valmistusprosessi oli monivaiheinen. Säilörehu tuotiin ensin aumasta  
traktorin kauhalla apevaunuun, josta se kahden kuljettimen avulla siirtyi puristimille  
(kuva 1).



Kuva 1. Säilörehu siirtyi apevaunusta (oikealla) kahden kuljettimen avulla puristimelle. Puristimen tukkeutuminen estettiin ja rehun kulkeutuminen varmistettiin työntämällä rehua manuaalisesti kepin avulla puristusprosessin ajan. Tasaisella rehun syötöllä varmistettiin puristimen tasainen täyttö, jolloin saavutettiin vakaa puristustulos. (Kuva: Iina Hulkkonen, tammikuu 2018.)

Kaksoisruuvipuristin (kuva 2) oli Haarslev-merkkinen ja vuokrattu Tanskasta. Laitteen sisällä oleva ruuvi puristi rehun kasaan ja säilörehumehu valui laitteen rei'istä laitteen alla olevaan kaukaloon. Puristuksen jälkeen säilörehumehu pumpattiin kaukalosta hanalisiin 1000 litran kontteihin ja merkittiin selvästi. Kiintojäte työntyi laitteen toiselta puolelta ulos ja tämän jälkeen kuljettimelle, mikä vei sen kasalle (kuva 3).



Kuva 2. Lähikuva Haarslev -puristimesta. Säilörehu työntyy laitteelle oikealta ja kiintojäte poistuu vasemmalta. (Kuva: Iina Hulkkonen, tammikuu 2018.)



Kuva 3. Kuljetin vei kiintojakeen suoraan puristimelta. (Kuva: Iina Hulkkonen, tammikuu 2018.)

Puristemehua puristettiin kerran viikossa jokaisen viikon maanantaina koko kokeen keston ajan niin, että kerrallaan puristettu määrä riitti sioille viikoksi. Puristettavan säilörehumehun tarve oli noin 10 000 litraa, mikä tarkoitti Haarslevilla noin 20 000 kg säilörehua puristettavaksi. Säilörehun puristusprosessista kerättiin tiedot, kuinka paljon säilörehumehun saanto vaihteli milläkin puristuskerralla.

Puristuksen jälkeen rehumehu kuljetettiin sikatilalle saman viikon aikana odottamaan ruokintaa. Säilörehumehu varastoitiin ulkolämpötilassa, mutta sen ei annettu jäätyä. Rehumehun arvioitiin säilyvän mikrobiologisesti rehukelpoisena 0 °C varastointilämpötilassa noin 1,5 viikkoa. Kokeen toteutusajankohta tammikuusta maaliskuuhun oli viileän ilman vuoksi optimaalinen. Ennen ruokintaliemeen lisäämistä säilörehumehu sekoitettiin omassa kontissaan, jotta pohjalle painunut massa saatiin seokseen mukaan.

### 6.3 Rehut ja ruokinta

Alkukasvatuksessa, ruokintaviikoilla 1–5, sioille ei ruokittu säilörehumehua. Loppukasvatuksessa siat jaettiin kontrolli- ja koeruokintaryhmiin. Koeruokintaryhmässä olevat siat saivat rehumehua liemirehun joukossa ensimmäisen viikon aikana (9.1–15.1) litran päivässä, kolmen seuraavan viikon ajan (16.1–5.2) 2 litraa päivässä ja loppukokeen aikana (6.2–6.3) 3 litraa päivässä (taulukko 3). Kontrolli- ja koerehua syövät siat saivat ruokintasuunnitelman mukaan lähes saman verran kiloa kuiva-ainetta (3,05 kg ka vs 3,11 kg ka) ja saman verran rehuyksiköitä (3,4 ry) päivässä.

Kaikille sioille ruokittiin ohraa, kuivaamatonta ohravalkuaisrehua ja kaupallista vitamiini, kivennäis- ja valkuaistiivistettä (taulukko 3). Lisäksi koeryhmässä oleville sioille lisättiin ruokavalioon säilörehumehua. Kaupallinen rehutiiviste erosi ravintoaineiden pitoisuuksiltaan eri ruokintaryhmillä. Kaupallinen vitamiini, kivennäis- ja valkuaissisälsi viljoja, ruokintakalkkia, ruokasuolaa, kasviöljyä, vitamiini/hivenaine-esiseoksia, monokalsiumfosfaattia, magnesiumoksidia, entsyymiesiseosta ja aminohapoista L-lysiiniä, L-treoniinia ja DL-metioniinia. Rehu ei sisältänyt lainkaan soijaa.

Siat ruokittiin tilan normaalin ruokintarytmin mukaisesti 5 kertaa päivässä klo 4.30, 8.30, 12.30, 16.30 ja 20.30. Kaikille koesioille annettiin alkukasvatuksessa ja koejaksolla sama energiamäärä riippumatta siitä kumpaan koeryhmään ne kuuluivat (taulukko 4). Alkukasvatuksessa rehunsaanti oli sioille lähes vapaata. Loppukasvatuksessa sikojen energiansaantia rajoitettiin vapaaseen syöntiin nähden hieman, koska pyrittiin välttämään erityisesti leikkojen ruhojen liiallista rasvoittumista. Sikojen rehuannosta alennettiin tilapäisesti, jos kaukaloon jäi tähteitä. Säilörehumehun osuutta koko rehuannoksesta päätettiin alentaa vain, jos sonta löystyy niin, että karsinat eläimet likaantuvat haitallisen paljon.

## Taulukko 3. Ruokintasuunnitelma

% kuiva-aineesta

	Alkukasvatus	Kontrolli	Koe 1 <sup>4</sup>	Koe 2 <sup>5</sup>	Koe 3 <sup>6</sup>
Ohra, 64 kg	61,18	69,10	66,62	64,57	62,37
OVR <sup>1</sup>	28,43	22,02	21,12	20,30	19,40
Kaupallinen rehutiiviste <sup>2</sup>	10,39	8,88			
Kaupallinen rehutiiviste <sup>3</sup>			9,01	8,65	8,58
Säilörehumehu			3,26	6,48	9,64
Kg kuiva-ainetta/pv/sika	2,36	3,05	3,07	3,09	3,11

% nettoenergiasta

	Alkukasvatus	Kontrolli	Koe 1 <sup>4</sup>	Koe 2 <sup>5</sup>	Koe 3 <sup>6</sup>
Ohra, 64 kg	63,24	71,02	68,95	67,3	65,49
OVR <sup>1</sup>	28,29	21,78	21,03	20,37	19,61
Kaupallinen rehutiiviste <sup>2</sup>	8,48	7,20			
Kaupallinen rehutiiviste <sup>3</sup>			7,45	7,20	7,20
Rehumehu			2,57	5,14	7,71
Rehuyksiköitä/pv/sika	2,6	3,4	3,4	3,4	3,4

<sup>1</sup> Kuivaamaton ohravalkuaisrehu<sup>2</sup> Kaupallinen vitamiini, kivennäis- ja valkuaislisä alkukasvatus- ja kontrollirehulle<sup>3</sup> Kaupallinen vitamiini, kivennäis- ja valkuaislisä korehulle<sup>4</sup> Rehumehua liemirehun joukossa 32 g/kg ka päivässä (1 litra)<sup>5</sup> Rehumehua liemirehun joukossa 65 g/kg ka päivässä (2 litraa)<sup>6</sup> Rehumehua liemirehun joukossa 96 g/kg ka päivässä (3 litraa)

## Taulukko 4. Sikojen suunniteltu energiansaanti koko kasvatuksen aikana

Ruokintaviikko	Ry/sika/pv <sup>1</sup>	MJ NE/sika/pv <sup>2</sup>
1 (elopaino 25 kg)	lähes vapaa	lähes vapaa
2	lähes vapaa	lähes vapaa
3	lähes vapaa	lähes vapaa
4	lähes vapaa	lähes vapaa
5	lähes vapaa	lähes vapaa
6 Koejakso alkaa	2,60	24,2
7	2,80	26,0
8	3,00	27,9
9	3,20	29,8
10 ->teur.	3,40->max. 3,50	31,6->max. 32,6

<sup>1</sup> Rehuyksikköä sikaa kohti päivässä<sup>2</sup> Megajoulea nettoenergiaa sikaa kohti päivässä

## 6.4 Punnitukset, teurastus ja kokeesta poistetut siat

Sikojen tavoitteellinen loppuelopaino oli 120 kg. Punnituskertoja oli jokaisella kokeeseen osallistuneella sialla 4 kappaletta. Siat punnittiin karsinoittain niiden tultua sikalaan 6.12, koeruokinnan alkaessa 7.1, kokeen keskivaiheilla 11.2 ja juuri ennen teuraaksi lähettämistä 18.2, 25.2 tai 6.3 riippuen siitä, missä erässä kukin sika lähti teuraaksi. Tarvittaessa tehtiin tarkistuspunnituksia, jotta sikojen loppuelopaino teuraaksi lähetettäessä olisi mahdollisimman lähellä tavoitetta. Siat lähetettiin teuraaksi tilan normaalien rutiinien mukaisesti kolmessa erässä. Ennen teuraaksi lähetystä siat tatuoitiin sikatilan numerolla niin, että se voitiin teurastamon Autofom-tietoja kerätessä jäljittää tiettyyn venttiiliin. Autofomilla mitattiin muun muassa kinkun, ulkofileen, lavan ja kyljen punaisen lihan osuuksia ruhon osassa.

Jos sika jouduttiin poistamaan kokeesta kesken koejakson, se punnittiin ja siirrettiin pois koekarsinasta. Myös kuolleet siat punnittiin. Venttiili, kokeesta poistopäivä, sian elopaino, sukupuoli ja poiston syy merkittiin lomakkeelle. Kokeen aikana sairastuneet siat pyrittiin hoitamaan terveiksi niin, että ne pystyivät jatkamaan kokeessa loppuun saakka. Jos hoitovastetta ei kuitenkaan 3 päivän aikana havaittu, sika poistettiin kokeesta ja mahdollisuuksien mukaan kasvatettiin sairaskarsinassa kokeen ulkopuolella teuraskypsäksi. Sairaats tai huonokuntoiset siat lopetettiin tilan yleisten lopetuskriteerien mukaisesti.

## 6.5 Rehunäytteet ja näytteiden analysointi

Puristuksen yhteydessä kerättiin puristuseräkohtaiset näytteet säilörehumehusta. Kokeen päättymisen jälkeen puristuseränäytteistä analysoitiin kuiva-aine ja raakavalkuainen sekä mitattiin pH. Tämän jälkeen eränäytteet yhdistettiin yhdeksi koontinäytteeksi, josta analysoitiin raakarasva, neutraalidetergenttikuitu (NDF), kivennäiset, tuhka ja aminohapot sekä maitohappo, haihtuvat rasvahapot, muurahaishappo, ja ammoniumtyppi (taulukko 5). Myös säilörehusta kerättiin näytteet analysointia varten.

Kokeen aikana kerättiin eräkohtaiset näytteet sekoitetusta OVR-liemestä. Näytteet pakastettiin välittömästi. Kokeen loputtua eränäytteet yhdistettiin yhdeksi näytteeksi ja yhdistetystä OVR-näytteestä analysoitiin kuiva-aine, raakavalkuainen, raakarasva, NDF, tuhka, kivennäiset, E-vitamiinipitoisuus ja aminohapot.



Liemirehusta otettiin alkukasvatuksen aikana venttiilinäytteet viikoilla 2 ja 5. Kontrolli- ja koerehuista otettiin venttiilinäytteet viikoilla 6, 8, 10 ja 12. Näytteet pakastettiin välittömästi. Kokeen päätyttyä alkukasvatuksen, loppukasvatus koe- ja kontrollierien liemirehuseoksista otetut eräkohtaiset näytteet yhdistettiin yhdeksi koontinäytteeksi ja niistä analysoitiin kuiva-aine, raakavalkuainen, raakarasva, NDF, tärkkelys, sokerit, tuhka, kivennäis- ja hivenaineet, aminohapot sekä mitattiin pH-arvo. Loppukasvatuksen liemirehuseosten venttiilinäytteiden koontinäytteestä analysoitiin lisäksi rasvahappokoostumus, E-vitamiinipitoisuus, maitohappo, haihtuvat rasvahapot, muurahaishappo ja ammoniumtyppi.

Taulukko 5. Analyysimenetelmät

Analysoitu aine	Menetelmä
Aminohapot	Valtuutettu sisäinen menetelmä nro JOK 2001: aminohappojen määrittäminen (UPLC). Euroopan komissio (1998).
Ammoniumtyppi	Analyysi uutetusta näytteestä (1:15). Käytetty laite UV-VIS kaksisäde UV-1800 spektrofotometri (Schimadzu Co., Kyoto, Japani).
E-vitamiini	E-vitamiini all-rac-alfa-tokoferyyliasetaatina. Euroopan komissio (2009).
Haihtuvat rasvahapot	Määrittäminen käyttäen ulkoista standardointia ja HP 6890-kaasukromatografiaa.
Hiilihydraatit	Määrittäminen Duboisin ym. (1956) ja Myklestadin ym. (1997) mukaan.
Kivennäiset	Näytteet kokonaisravinteista hajotettiin HNO <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -sulatusmenetelmällä mikroaalloilla (CEM MDS 2000) ja uute analysoitiin iCAP 6500 DUO ICP-säteily-spektrometrillä (Thermo Scientific, UK).
Kuiva-aine	Kuivaus yön yli lämpökaapissa 103 °C. Säilörehun kuiva-aine korjattiin Huidan ym. (1986) mukaan.
Maitohappo	Analyysi tehtiin uutetusta näytteestä (1:15). Käytetty laite oli UV-VIS kaksisäde UV-1800 spektrofotometri (Schimadzu Co., Kyoto, Japani).

Muurahaishappo	Analyysi tehtiin kaupallisen pakkauksen ohjeiden mukaisesti. Analyysi tehtiin uutetusta näytteestä (1:15). Käytetty laite oli UV-VIS kaksisäde UV-1800 spektrofotometri (Shimadzu Co., Kyoto, Japani).
Neutraalidetergentti-kuitu (NDF)	Määritettiin Van Soestin ym. (1991) mukaan.
pH	Mitattiin suoraan märästä näytteestä tai näyte homogenisoitiin ensin sekoittajalla. Laite: Mettler Toledo 345 pH-mittari (Mettler-Toledo AG, Schwerzenbach, Sveitsi).
Raakarasva	Määritettiin Anon. (1971) mukaan.
Raakavalkuainen	Mukautettu sisäinen menetelmä Luke-v1-Method 2001 Kjeldahl tyyppi, joka perustuu metodiin AOAC 984.13.
Tuhka	2 tuntia 600°C tai vaihtoehtoisesti 16 tuntia 510°C. Official method AOAC-942.05 (Association of Official Analytical Chemists, USA).
Tärkkelys	Määritettiin Salon ja Salmen (1968) mukaan. Käytetty laite oli UV-VIS kaksisäde UV-1800 spektrofotometri (Shimadzu Co., Kyoto, Japani).

---

## 6.6 Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi

Tulosten laskennassa käytettiin ruokintaviikkojen 1–10 tuloksia ja kolmen viimeisen ruokintaviikon tulokset jätettiin tässä tutkielmassa huomioitta. Tämä johtui siitä, että kolmen viimeisen viikon ajalta saatiin vain teuraaksi lähtevien sikojen painotiedot, informaatiokatkoksen vuoksi. Tuloksista jätettiin pois myös venttiilit, joilta ei oltu saatu kaikilta punituskerroilta kaikkien karsinassa olleiden sikojen painotietoja. Tämän vuoksi tulosten laskennassa yhteensä 13 venttiilin tuloksia käytettiin elopainon, päiväkasvun, rehunkulutuksen ja rehuhyötysuhteen laskemiseen. Venttiilistä 6 oli kontrolliventtiileitä, joille ei oltu ruokittu säilörehumehua ja 7 koeventtiileitä, joille oli ruokittu säilörehumehua muun rehun joukossa.

Rehujen ravintoainekoostumukset saatiin analyysituloksista. Kaikki tutkitut ravintoaineet muutettiin muotoon grammaa per kiloa kuiva-ainetta, jotta niitä oli helpompi jatkossa vertailla keskenään.



Siat oli punnittu ryhmittäin siten, että punnituskarsinaan laitettiin aina sen verran sikoja yhtä aikaa punnittavaksi, kun sinne mahtui. Yhden sian paino saatiin jakamalla ryhmän eläinten lukumäärä kokonaiskilomäärällä. Kasvu kiloa per sika saatiin vähentämällä punnituksessa saatu paino edellisen punnituskerran painolla. Päiväkasvu saatiin jakamalla yhden sian punnitusjaksojen välinen kasvu kiloina kyseisen jakson kasvatuspäivien lukumäärällä. Luku muutettiin tämän jälkeen grammoiksi.

Rehutiedoista rehunkulutus laskettiin ruokintalaitteen antamien ruokintatietojen avulla. Ruokintalaite annostelee rehut rehuyksikköinä ja kuiva-ainekiloina. Ruokintatietojen saamiseksi luvut tulee nollata manuaalisesti haluttuna päivänä. Ruokintalaitteesta oltiin nollattu rehuyksiköt, joten rehulaskujen lähtöarvoina käytettiin rehuyksikköjä. Ruokintalaitteen annostelutoiminta perustuu kuitenkin rehun painoyksikköihin, joten laskenta tehtiin kuiva-ainekilojen kautta. Ensin käytettiin laskennallista kuiva-ainepitoisuutta, joka ruokintalaitteelle oli ollut syötettynä, kun se oli rehuja jakanut. Kun kuiva-ainekilot saatiin laskettua, laskettiin tämän jälkeen nettoenergia megajouleina ja rehuyksikköjen määrä. Päiväkohtainen rehunkulutus saatiin jakamalla syöty rehumäärä ruokintapäivillä.

Lopuksi painot ja rehunkulutukset yhdistettiin, jotta voitiin laskea rehuhyötysuhde. Rehuhyötysuhde, kuinka paljon rehua kului yhden kilon kasvamiseen, saatiin jakamalla syöty rehumäärä päiväkasvulla.

Tilastolliset analyysit tehtiin SAS ohjelmistolla GML Procedurella yksisuuntaisena varianssianalyysinä. Tilastollisessa mallissa oli ensin mukana käsittely ja sukupuoli. Käsittelyjen välillä eläimen sukupuoli ei ollut merkitsevä, joten se laskennasta jätettiin pois.

Tuloksissa p-havaintoarvon ollessa  $P < 0,1$  merkitsevyystaso oli suuntaa antava,  $P < 0,05$  merkitsevyystaso oli merkitsevä ja  $P < 0,01$  merkitsevyystaso oli hyvin merkitsevä.

## 7 TULOKSET

### 7.1 Rehujen ja rehuaineiden kemiallinen koostumus

Taulukossa 6 on säilörehun koostumus. Kokeessa käytetyn säilörehumehun kuiva-aine oli 70 g /kg. Kontrollirehun kuiva-aine oli 13 g/kg ka korkeampi kuin koerehun. Alkukasvatusrehun kuiva-aine oli saman suuruinen koerehun kanssa.

Ravintoainekoostumukseltaan koerehussa oli raakavalkuaista 10 g/kg ka enemmän kuin kontrollirehussa. Välttämättömistä aminohapoista kontrollirehu sisälsi lyysiiniä 0,7 g/kg ka enemmän kuin koerehu (taulukko 7). Kontrolli- ja koerehut sisälsivät metioniinia ja treoniinia lähes saman verran.

Alkukasvatusrehu sisälsi analysoidulta koostumukseltaan kuiva-ainetta, raakavalkuaista, raakarasvaa, tuhkaa, orgaanista ainetta ja sokereita lähes saman kuin rehumehua sisältänyt koerehu.

Kivennäis- ja hivenaineista koerehu sisälsi 4,26 g/kg ka enemmän kaliumia kuin kontrollirehu (taulukko 6). Koerehu sisälsi fosforia 0,31 g/kg ka enemmän kuin kontrollirehu. Koerehu oli hieman voimakkaammin fermentoitunutta kuin kontrollirehu, mutta niiden pH-tasot olivat lähes samat. Sokereita koerehussa oli 9,5 g/kg ka vähemmän kuin kontrollirehussa.

Taulukko 6. Rehujen analysoitu koostumus ja säilönnän laatu

	Säilörehu- mehu <sup>2</sup>	Alkukasva- tusrehu <sup>3</sup>	Koeruokinnat	
			Kontrolli- rehu <sup>4</sup>	Koerehu <sup>4</sup>
Kuiva-aine, g/kg	70	272	286	273
pH	4,04	4,86	4,89	4,68
Ravintoainekoostumus, g/kg ka				
Tuhka	196	65	54	66
Raakavalkuainen	279	196	187	197
Raakarasva	3,40	29	29	27
NDF <sup>1</sup>		116	139	121
Tärkkelys		433	441	407
Orgaaninen aine	804	935	946	934
Sokerit	62,1	35,6	47,2	37,7
Kivennäis- ja hivenaineet, g/kg ka				
Kalsium	7,73	9,6	7,76	7,62
Fosfori	8,81	6,32	5,77	6,08
Kalium	70,7	7,57	7,24	11,5
Rauta	0,70	0,20	0,18	0,20
Magnesium	4,26	2,53	2,28	2,33
Mangaani	0,08	0,07	0,06	0,05
Sinkki	0,06	0,12	0,11	0,10
E-vitamiini			0,08	0,06
Säilönnän laatu, %				
Maitohappo	1,18		0,49	0,90
Etikkahappo	0,49	0,13	0,13	0,30
Muurahaishappo	0,37		0,11	0,20
Ammonium N, g kokonais N/kg	0,071		0,038	0,058

<sup>1</sup>Neutraalidetergenttikuitu<sup>2</sup>Analysoitu yhdistetystä näytteistä<sup>3</sup>Analysoitu rehuseoksesta<sup>4</sup>Yhdistelmänäyte 24.1., 7.2. ja 22.2.2018 otetuista näytteistä

Taulukko 7. Säilörehumehun ja kokeessa käytettyjen rehujen välttämättömien ja ei-välttämättömien aminohappojen koostumus, g/kg ka

	Säilörehu- mehu	Alkukasva- tus	Koeruokinnat	
			Kontrollirehu	Koerehu (sis. rehumehu)
Välttämättömät aminohapot				
Arginiini	10,5	8,2	8,0	8,1
Histidiini	2,4	3,8	3,6	3,5
Isoleusiini	11,0	6,3	5,9	6,4
Leusiini	19,0	11,8	11,1	12,0
Lysiini	13,6	11,3	10,6	9,9
Metioniini	4,8	3,8	3,5	3,7
Fenylalaniini	10,3	8,6	8,2	8,5
Treoniini	10,9	8,3	7,5	7,3
Valiini	19,7	9,9	9,3	11,1
Ei-välttämättömät aminohapot				
Alaniini	21,6	7,5	7,0	8,3
Aspartaatti	25,7	10,3	9,8	11,0
Kysteiini	0,4	3,7	3,4	3,4
Glutamiini	30,3	43,8	40,3	41,3
Glysiini	12,2	7,4	7,0	7,5
Prolini	12,2	20,2	18,5	18,8
Seriini	10,6	8,0	7,5	7,9
Tyrosiini	5,2	5,7	5,4	5,5

## 7.2 Ruokintojen energia-arvot

Rehujen energia-arvot olivat kontrolliryhmän rehuissa hieman koeryhmän rehuja suurempia (taulukko 8). Rehujen energia-arvot laskettiin Evapig-ohjelmalla analysoiduista rehuista.

Kontrolliryhmän bruttoenergia oli 0,31 MJ/kg, sulava energia 0,19 MJ/kg, muuntokelpoinen energia 0,19 MJ/kg ja nettoenergia 0,16 MJ/kg koeryhmää korkeampi. Alkukasvatuserhun energia-arvot olivat lähes samat kuin koeryhmän. Energian sulavuus oli koeryhmän rehussa 1,6 %-yksikköä korkeampi kuin kontrolliryhmän rehussa. Rehun muuntokelpoisuus ja muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö energiaksi olivat molemmissa koeruokinnissa lähes samalla tasolla.

Taulukko 8. Alkukasvatus-, kontrolli- ja koerehujen energia-arvot ja energian hyväksikäyttö

	Alkukasvatus	Koeruokinta	
		Kontrolli	Koerehu
Energia-arvot, MJ/kg			
Bruttoenergia (GE)	4,92	5,22	4,91
Sulava energia (DE)	4,32	4,48	4,29
Muuntokelpoinen energia (ME)	4,14	4,30	4,11
Nettoenergia (NE)	3,06	3,18	3,02
Energian hyväksikäyttö, %			
Energian sulavuus	87,8	85,8	87,4
Rehun muuntokelpoisuus	95,8	95,9	95,7
Muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö nettoenergiaksi	73,9	74,0	73,5

### 7.3 Puristenesteen saanto

Säilörehua kului melkein 2500 kg yhdellä puristuskerralla (taulukko 9). Rehumehua saatiin yhdellä puristuskerralla lähes 1500 kiloa. Säilörehumehun saantoprosentti laskettiin jakamalla puristuskerralla saatu rehumehumäärä (l) puristukseen käytetyllä säilörehumäärällä (kg) ja muuttamalla luku prosenteiksi. Puristuskertojen saanto oli 58,1 %. Säilörehumehua puristettiin viikoittain yhteensä 14 kertaa.

Taulukko 9. Puristenesteen saanto

	Säilörehu			Rehumehu			Saanto	
	kg <sup>1</sup>	% ka <sup>2</sup>	kg ka <sup>3</sup>	kg <sup>1</sup>	% ka <sup>2</sup>	kg ka <sup>3</sup>	%	% ka <sup>2</sup>
n=14								
Keskiarvo	2458	20,4	503	1433	6,34	91	58,1	17,9
Keskihajonta	765	1	167	467	1	34	2	1
Minimi	1720	18,1	312	1050	4,47	47	54,4	15,1
Maksimi	3630	22,1	768	2100	7,24	149	61,2	19,6

<sup>1</sup>Kilogrammaa tuoretta säilörehua tai rehumehua

<sup>2</sup>Prosenttia kuiva-aineesta

<sup>3</sup>Kilogrammaa kuiva-ainetta

## 7.4 Säilörehun ja kiintojakeen koostumus

Säilörehun kuiva-aineprosentti oli huomattavasti matalampi kuin puristetun kiintojakeen (taulukko 10). Kiintojakeessa oli vähemmän raakavalkuaista, tuhkaa ja sokeria kuin säilörehussa. NDF-kuitua kiintojakeessa oli säilörehua enemmän. Olemukseltaan kiintojake oli paljon säilörehua hienojakoisempaa (kuva 4). Kiintojake käytettiin lypsylehmien rehuna, mutta se sopisi biojalostamon syötteeksi.

Taulukko 10. Säilörehun ja puristetun säilörehun kiintojakeen koostumus

	Säilörehu	Kiintojake
n=8		
Kuiva-aine, %	20,3	42,7
pH	4,12	4,15
Ravintoainekoostumus, g/kg ka		
Tuhka	70,8	41,9
Raakavalkuainen	142	108
Sokeri <sup>1</sup>	17,9	6,9
NDF <sup>2</sup>	599	721

<sup>1</sup>n=2

<sup>2</sup>Neutraalidetergenttikuitu



Kuva 4. Säilörehun ja kiintojakeen koostumuksen erot pystyi näkemään. (Kuva: Iina Hulkkonen, tammikuu 2018.)

## 7.5 Tuotantotulokset

Koeryhmän sikojen painot olivat punnitusten ajan hieman kontrolliryhmää kevyempiä (taulukko 11). Loppupaino per sika oli kontrolliryhmällä 1,9 kg koeryhmää painavampi ( $P < 0,05$ ). Tulosten laskenta katkaistiin ennen teurasjaksoa laskennallisista syistä, koska teurasjakson aikana punnittiin ainoastaan teuraaksi lähtevät siat. Tämän vuoksi laskennallisen jakson loppupaino on vähemmän kuin loppupaino teurastettaessa (n. 120 kg). Tässä tutkimuksessa koeryhmän päiväkasvu oli loppujaksolla 40 grammaa per sika matalampi kuin kontrolliryhmän sikojen ( $P < 0,01$ ). Suuntaa-antavana erona koko kokeen aikana koeryhmän päiväkasvu oli 14,5 grammaa per sika matalampi verrattuna kontrolliryhmään ( $P < 0,1$ ).

Taulukko 11. Sikojen elopaino ja päiväkasvu

	Kontrolli		Koe		p <sup>8</sup>
	Keskiarvo	SEM <sup>7</sup>	Keskiarvo	SEM <sup>7</sup>	
Venttiilejä	n=6		n=7		
<b>Paino, kg/sika</b>					
Alkupaino <sup>1</sup>	27,2	0,22	26,9	0,20	0,32
Välipaino <sup>2</sup>	62,8	0,47	61,9	0,44	0,19
Loppupaino <sup>3</sup>	106	0,58	104,4	0,54	0,04*
<b>Kasvu, kg/sika</b>					
Alkujakso <sup>4</sup>	35,7	0,40	35,1	0,37	0,30
Loppujakso <sup>5</sup>	43,4	0,436	42,4	0,41	0,12
Koko koe <sup>6</sup>	79,1	0,59	77,5	0,54	0,07
<b>Päiväkasvu, g/sika</b>					
Alkujakso <sup>4</sup>	1113,9	12,56	1095,4	11,62	0,30
Loppujakso <sup>5</sup>	1240,9	8,47	1200,3	8,49	0,007**
Koko koe	1180,3	4,89	1165,7	4,89	0,06
<b>Ruokintapäiviä, pv</b>					
Alkujakso <sup>4</sup>	32		32		
Loppujakso <sup>5</sup>	35		35		
Koko koe	67		67		

<sup>1</sup> Alkupaino, 6.12.2017, porsaat tulivat sikalaan

<sup>2</sup> Välipaino, 7.1.2018, rehumehun ruokinta alkoi

<sup>3</sup> Loppupaino, 11.2.2018, laskentajakso päättyi

<sup>4</sup> 6.12.2017–7.1.2018

<sup>5</sup> 8.1.2018–11.2.2018

<sup>6</sup> 6.12.2017–11.2.2018

<sup>7</sup> Keskiarvon keskivirhe

<sup>8</sup> Havaittu merkitsevyystaso (p-havaintoarvo): \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$

Sikojen rehunkulutus oli koeryhmässä kontrolliryhmää pienempi loppujaksolla, jolloin koeryhmä sai rehujensa seassa säilörehumehua (taulukko 12). Alkujaksolla ryhmien välistä eroa ei ollut havaittavissa. Siat kuluttivat rehua loppujaksolla koeryhmässä 5,15 kiloa kuiva-ainetta per eläin vähemmän kuin kontrolliryhmän siat ( $P < 0,05$ ). Loppujaksolla koeryhmän rehunkulutukseen sisältyi 10,3 kiloa kuiva-ainetta per eläin säilörehumehua (9,6 prosenttia kuiva-aineesta). Päivittäinen loppujakson kuiva-aineen saanti eläintä kohti oli koeryhmässä 0,17 kiloa kuiva-ainetta kontrolliryhmää pienempi ( $P < 0,05$ ). Rehuyksikköä eläintä kohti kului loppujaksolla 5,7 rehuyksikköä vähemmän koeryhmässä kuin kontrolliryhmässä ( $P < 0,05$ ). Koeryhmällä kului loppujaksolla 0,19 rehuyksikköä eläintä kohti vähemmän kuin kontrolliryhmällä ( $P < 0,05$ ). Koeryhmässä rehunkulutus oli loppujaksolla 57,24 megajoulea nettoenergiaa per eläin vähemmän kuin kontrolliryhmässä ( $P < 0,05$ ). Rehunkulutus loppujaksolla eläintä kohti päivässä koeryhmässä 1,87 megajoulea nettoenergiaa vähemmän kuin kontrolliryhmässä ( $P < 0,05$ ).

Rehuhyötysuhde kiloa kuiva-ainetta per kilogramma kasvua oli koeryhmällä alkujaksolla hieman kontrolliryhmää korkeampi, mutta loppujaksolla koeryhmän rehuhyötysuhde oli matalampi kuin kontrolliryhmän (taulukko 12). Ruokintaryhmien rehuhyötysuhteet olivat lähes samat, kun tarkasteltiin rehuyksikköä per kilogramma kasvua ja megajoulea nettoenergiaa per kilogramma kasvua. Rehuhyötysuhteiden tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.



Taulukko 12. Rehunkulutus ja rehuhyötysuhde kontrolli ja koeruokkinnoilla

	Kontrolli		Koe		p <sup>14</sup>
	Keskiarvo	SEM <sup>13</sup>	Keskiarvo	SEM <sup>13</sup>	
Venttiilejä	n=6		n=7		
<b>Rehunkulutus, kg ka/el<sup>1</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	65,7	1,35	65,7	1,25	0,99
Loppujakso <sup>3</sup>	112,2	1,39	107	1,30	0,02*
Koko koe <sup>4</sup>	177,9	2,12	172	1,96	0,10
<b>Rehunkulutus, kg ka/el/pv<sup>5</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	1,9	0,039	1,9	0,04	0,99
Loppujakso <sup>3</sup>	3,2	0,044	3,1	0,04	0,017*
Koko koe	2,6	0,031	2,5	0,03	0,101
<b>Rehunkulutus, ry/el<sup>6</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	72,9	1,499	73,0	1,39	0,99
Loppujakso <sup>3</sup>	124	1,55	118	1,44	0,02*
Koko koe	197	2,35	191	2,18	0,101
<b>Rehunkulutus, ry/el/pv<sup>7</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	2,1	0,0428	2,1	0,04	0,99
Loppujakso <sup>3</sup>	3,6	0,0487	3,4	0,05	0,017*
Koko koe	2,9	0,034	2,8	0,03	0,101
<b>Rehunkulutus, MJ NE/el<sup>8</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	741	15,23	741	14,10	0,99
Loppujakso <sup>3</sup>	1246	15,54	1189	14,39	0,02*
Koko koe	1988	23,72	1930	21,96	0,104
<b>Rehunkulutus, MJ NE /el/pv<sup>9</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	21,2	0,44	21,2	0,40	0,99
Loppujakso <sup>3</sup>	35,9	0,49	33,9	0,45	0,017*
Koko koe	28,8	0,34	27,9	0,32	0,10
<b>Rehuhyötysuhde, kg ka/kasvu kg<sup>10</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	1,69	0,023	1,71	0,022	0,39
Loppujakso <sup>3</sup>	2,60	0,037	2,53	0,035	0,16
Koko koe	2,25	0,025	2,23	0,024	0,57
<b>Rehuhyötysuhde, ry/kasvu kg<sup>11</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	1,87	0,026	1,90	0,024	0,39
Loppujakso <sup>3</sup>	2,89	0,041	2,80	0,038	0,16
Koko koe	2,49	0,03	2,48	0,03	0,57
<b>Rehuhyötysuhde, MJ NE/kasvu kg<sup>12</sup></b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	19,01	0,263	19,33	0,243	0,39
Loppujakso <sup>3</sup>	28,89	0,414	28,05	0,384	0,16
Koko koe	25,15	0,29	24,92	0,26	0,57
<b>Ruokintapäiviä, pv</b>					
Alkujakso <sup>2</sup>	32		32		
Loppujakso <sup>3</sup>	35		35		
Koko koe	67		67		

<sup>1</sup> Kilogrammaa kuiva-ainetta rehua per eläin

<sup>2</sup> 6.12.2017–7.1.2018<sup>3</sup> 8.1.2018–11.2.2018<sup>4</sup> 6.12.2017–11.2.2018<sup>5</sup> Kilogrammaa kuiva-ainetta rehua per eläin per päivä<sup>6</sup> Rehuyksikköä per eläin<sup>7</sup> Rehuyksikköä per eläin per päivä<sup>8</sup> Megajoulea nettoenergiaa per eläin<sup>9</sup> Megajoulea nettoenergiaa per eläin per päivä<sup>10</sup> Kilogrammaa kuiva-ainetta rehua per kilogramma kasvua<sup>11</sup> Rehuyksikköä per kilogramma kasvua<sup>12</sup> Megajoulea nettoenergiaa per kilogramma kasvua<sup>13</sup> Keskiarvon keskivirhe<sup>14</sup> Havaittu merkitsevyystaso (p-havaintoarvo): \* P < 0,05

## 7.6 Teuraslaatu

Tilityspaino oli koeryhmällä 1,2 kg kontrolliryhmää korkeampi (taulukko 13). Loppupaino oli koe- ja kontrolliryhmillä samat. Lihaprosentti oli koeryhmällä 1,66 %-yksikköä (P<0,01) kontrolliryhmää korkeampi. Autofom mittauksissa punaisen lihan osuudet olivat koeryhmällä mahassa 2,1 %-yksikköä (P<0,05), lavassa 1,47 %-yksikköä (P<0,05), kyljessä 2,45 %-yksikköä (P<0,05), kinkussa 1,6 %-yksikköä (P<0,01) ja vähärasvaisessa lihassa (engl. lean meat) 1,6 %-yksikköä (P<0,05) kontrolliryhmää korkeampia.

Taulukko 13. Ruhon laatu

	Kontrolli		Koe		p <sup>4</sup>
	Keskiarvo	SEM <sup>3</sup>	Keskiarvo	SEM <sup>3</sup>	
Venttiilejä	n=6		n=7		
Tilityspaino <sup>1</sup> , kg	89,6	1,07	90,9	0,99	0,40
Loppupaino <sup>2</sup> , kg	123,1	0,94	123,2	0,87	0,88
Lihaprosentti, %	56,2	0,39	57,9	0,36	0,0092**
Autofom mittaukset					
Punaisen lihan osuus ruhon osassa, %					
Maha	48,1	0,56	50,2	0,52	0,02*
Lapa	62,9	0,38	64,4	0,35	0,02*
Kylki	67,6	0,66	70,0	0,61	0,02*
Kinkku	71,3	0,37	72,9	0,34	0,009**
Vähärasv. liha	56,2	0,39	57,8	0,37	0,013*

<sup>1</sup> Teuraspaino (=Elopaino – ihon pintakerros, sisäelimet, ruuansulatuskanava ja sorkkien kynnet) – hylkäykset

<sup>2</sup> Elopaino teurastettaessa

<sup>3</sup> Keskiarvon keskivirhe

<sup>4</sup> Havaittu merkitsevyystaso (p-havaintoarvo): \* P < 0,05, \*\* P < 0,01

Teurastamolla eläimillä havaittiin vain vähän vaurioita. Ruhojen tarkastuksessa teurastamoilla osaruho- tai elinhylkäyksiä aiheuttivat niveltulehdukset, paiseet, keuhkokalvot, keuhkokalvontulehdukset ja hännänpurenta (taulukko 14). Molempien käsittelyiden ruhojen havaitut vauriot ja sairaudet olivat jakautuneet tasaisesti, mutta kontrolliryhmällä havaittiin merkintöjä keuhkokalvoista koeryhmää enemmän (9,8 %-yksikköä). Hännänpurentaa havaittiin kokeessa hyvin vähän, yhteensä 4 eläimellä. Elin- ja osaruhohylkäyksiä havaittiin molemmissa ryhmissä, kontrolliryhmässä hieman koeryhmää enemmän.

Taulukko 14. Ruhojen tarkastuksessa teurastamolla havaitut vauriot ja sairaudet

	Kontrolli		Koe	
	kpl <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	kpl <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>
Venttiilejä	n=6		n=7	
Niveltulehdus	6	6,5	5	4,5
Paiseet	6	6,5	4	3,6
Keuhkokalvot	15	16,1	7	6,3
Keuhkotulehdus	2	2,2	-	-
Hännänpurenta	3	3,2	1	0,89
Elinhylkäys	7	7,5	4	3,6
Osaruhohylkäys	12	12,9	8	7,1
Kokoruhohylkäys	2	2,2	-	-

<sup>1</sup> Eläinlukumäärä, joilla kyseistä vauriota, sairautta tai hylkäystä havaittu

<sup>2</sup> Prosenttia kontrolli- tai koeryhmän sisällä

## 7.7 Kuolleisuus ja poistot

Siat pysyivät terveinä kokeen ajan, eikä sikoja tarvinnut lääkittää kokeen aikana muutamaa yksilöä enempää. Sikojen kuolleisuus oli tässä tutkimuksessa vähäistä. Vain kaksi sikaa jouduttiin poistamaan kokeesta, koska ne eivät kelvanneet teurasautoon jalkavian ja tyrän vuoksi. Nämä imisät lopetettiin tilalla 22.1 ja 7.3. Tilalla lopetetuista sioista saatiin painotiedot, muttei teurastuloksia.

## 8 TULOSTEN TARKASTELU

### 8.1 Rehujen ja rehuaineiden kemiallinen koostumus

Aikaisemmissa tutkimuksissa (Patterson ja Walker 1979a, Nishino ym. 1991, Kromus ym. 2004, Thang ja Novalin 2008) säilörehumehun koostumus vaihteli paljonkin sen mukaan, millä menetelmillä ja mistä raaka-aineista puristettava säilörehu oli tehty. Francon ym. (2018) mukaan säilörehumehun laatu vaihtelee raaka-aineen (nurmi, apila vai seos), säilöntäaineen (ei säilöntäainetta, biologinen säilöntäaine vai muurahaishappopohjainen säilöntäaine) ja sadonkorjuun mukaan (onko kyseessä ensimmäinen vai myöhemmät sadot). Tämä vaikeuttaa säilörehumehujen koostumusten vertailua. Tässä tutkimuksessa käytettiin säilörehumehun raaka-aineena Suomessa hyvin yleistä timoteinurminata -seoksesta valmistettua säilörehua. Se oli koostumukseltaan hyvin samanlaista kuin Rinne ym. (2018) tutkimuksessa. Säilörehumehun kuiva-ainepitoisuus oli tässä tutkimuksessa matala johtuen lähtöaineena käytetyn säilörehun matalasta kuiva-ainepitoisuudesta ja se sekoittui hyvin muun liemirehun joukkoon sellaisenaan. Rehumehun lisääminen liemirehun joukkoon vähensi myös muun nesteen lisäämisen tarvetta.

Tämän tutkimuksen säilörehumehun raakavalkuaispitoisuus oli samalla tasolla aikaisempien tutkimusten kanssa (Patterson ja Walker 1979a). Aikaisempien tutkimusten mukaan rehumehu sisältää erilaisia aminohappoja, kuten lysiiniä ja metioniinia (Thang ja Novalin 2008, Ecker ym. 2012). Pattersonin ja Walkerin (1979a) mukaan säilörehumehu kattaa sikojen välttämättömien aminohappojen tarpeen. Tässä tutkimuksessa säilörehumehun raakavalkuainen oli 279 g/kg ka. Tämän tutkimuksen perusteella säilörehumehun valkuaisaineet ja aminohapot eivät korvanneet kokonaan valkuaisrehun tarvetta. Säilörehumehu korvasi aminohappojen tarvetta kuitenkin osittain.

Tässä tutkimuksessa säilörehumehu ei yltänyt soijapuristeen korvaajaksi, koska soijapuriste on soveltuvuudeltaan ylivoimainen valkuaisenlähde. Soijapuristeen sulava raakavalkuainen on 1,5 –kertainen säilörehumehuun verrattuna (Luke 2018). Luken (2018) rehutaulukoiden mukaan myös soijapuristeen ohutsuolisulavat aminohapot olivat huomattavasti säilörehumehua parempia, kun lysiini oli 2,2 –kertainen, treoniini 1,6 kertainen ja metioniini +kysteiini 2,3 –kertainen säilörehumehun mainittuihin aminohappoihin nähden. Säilörehumehun aminohapot eivät kuitenkaan eroa paljoa esimerkiksi rypsirouheen

ohutsuolisulavasta lysiinistä (1,22 –kertainen) ja treoniinista (1,15 –kertainen). Kuitenkin rypsirouheen metioniini + kysteiini on 2 –kertainen säilörehumehun vastaaviin arvoihin verrattuna.

Tämän tutkimuksen rehuissa ei käytetty lainkaan soijaa. Säilörehumehun aminohappokoostumus jäi kuitenkin arveltua matalammaksi. Tämän tutkimuksen sioille ruokittiin perusrehujen lisäksi kaupallista vitamiini-, kivennäis- ja valkuaislisää, johon oli lisätty aminohapoista lysiniä, treoniinia ja metioniinia. Rehumehua saaneille sioille ruokittiin hie-man vähemmän kaupallista rehutiivistettä kuin kontrolliryhmälle. Uutta säilörehumehukoetta suunniteltaessa voitaisiinkin selvittää, voisiko jokin toinen kasvi toimia puristettuna paremmin kuin timoteinurminata. Stødkilde ym. (2018) mukaan puristettu valkoapila voisi olla lupaava valkuaisenlähde yksimahaisille eläimille, koska sen valkuainen oli hyvin sulavaa. Ilmaston lämmetessä mahdollisuutena voitaisiin pitää monivuotisista nurmipalkokasveista hyödyntäminen muun nurmiseoksen joukossa ja näin kasvattaa rehumehun valkuaispitoisuutta.

Rehumehun pH oli useissa aikaisemmissa tutkimuksissa (Patterson ja Walker 1979a, Koller ym. 2005, Ecker ym. 2012) yhtä matala kuin tässä tutkimuksessa, vaikkakin Nishino ym. (1991) tutkimuksessa, jossa puristemateriaalina oli käytetty italianraiheinää, pH oli lähempänä neutraalia. Hapan säilörehumehu voisi ainakin osittain korvata liemirehuun lisättäviä orgaanisia happoja, koska tässä tutkimuksessa rehumehua sisältänyt koerehu sisälsi enemmän maitohappoa, etikkahappoa, muurahaishappoa ja ammoniumtyppeä kuin kontrollirehu. Hapan fermentoitunut liemirehu, missä maitohappobakteerien taso on korkea, on tehokas keino vähentää enterobakteerien määrää sikojen ruoansulatuskanavassa (Canibe ja Jensen 2003). Lisäksi rehun alhainen pH vähentää myös salmonellariskiä (Van Winsen ym. 2000). Tässä tutkimuksessa käytetyt liemirehut olivat happamuudeltaan optimaalisia.

Tässä tutkimuksessa käytettyihin rehuihin ei erikseen lisätty säilöntäaineita, kuten muurahaishappoa (Adler ym. 2018) tai formaliinia (Carton ym. 1983), mutta muurahaishappo puristui rehumehuun säilörehun mukana. Säilörehumehua puristettiin viikoittain kunkin viikon tarpeiksi. Rehun säilyvyys voisi olla kyseenalaista lämpimällä säällä, koska rehun vääränlainen fermentoituminen on sikojen terveydelle haitallista ja voi myös aiheuttaa välttämättömien ravintoaineiden menetyksen rehuista (Scholten ym. 1999, Brooks ym. 2001, Canibe ja Jensen 2003). Säilörehumehun säilönnän laatu oli tässä tutkimuksessa

onnistunut suurimmaksi osaksi ilmastotekijöiden vuoksi. Rehumehu voitiin säilyttää helposti riittävän kylmässä kuitenkin jäätymättä, koska tutkimus oli ajoitettu alkuvuoteen.

Rehumehun määrä ruokintajaksolle oli vaikeaa määrittää aikaisemman vähäisen tutkimustiedon vuoksi. Tämän tutkimuksen viimeisinä viikkoina koeryhmän siat söivät säilörehumehua koerehun joukossa kolme litraa päivässä. Tähän päädyttiin aikaisemman tutkimuksen Rinne ym. (2018) perusteella, jossa siat olivat syöneet rehumehua neljää litraa päivässä täysrehuun sekoitettuna. Tällöin tutkimuksen aikana oltiin havaittu sonnan löystymistä, jolta tässä tilakokeessa haluttiin välttyä. Kaliumin suurta pitoisuutta varottiin, koska tiedettiin, että suuri kaliumin määrä rehussa voi aiheuttaa sikojen ruuansulatukseen ongelmia (Patterson ja Walker 1979a). Sikojen sonnan löystymisen oli kuitenkin voinut Rinne ym. (2018) tutkimuksessa aiheuttaa nuorille eläimille tarkoitetun täysrehun ja säilörehumehun yhteisvaikutus. Lisäksi säilörehumehu oli ollut Rinne ym. (2018) tutkimuksessa hieman tämän kokeen rehumehua vahvempaa. Näillä tiedoilla säilörehumehun määrän nostoa oltaisiin voitu kokeilla tässä tutkimuksessa, koska terveyshaittoja ei tällä säilörehumehun määrällä havaittu. Ymmärrettävästi kuitenkin tässä tilakokeessa haluttiin varoa mahdollisia eläinten terveydelle aiheutuvia haittavaikutuksia.

Tiedetään, että kuitupitoisten fraktioiden ohella pitkäketjuiset sokerit ovat sian ruuansulatuselimestössä huonommin sulavia (Houdijk ym. 2002, National Research Council 2012). Jotta voitaisiin selvittää, voisivatko säilörehumehun sokerit korvata energiarehuja, säilörehumehun sisältämien erilaisten sokereiden, kuten glukoosin, fruktoosin, laktoosin, arabinoosin ja xyloosin (Koller ym. 2005, Ecker ym. 2012), sulavuutta tulisi tutkia lisää. Myös säilörehumehun sisältämän fosforin sulavuutta olisi hyvä tutkia lisää, jotta voitaisiin selvittää, voisiko se korvata soijan ja kivennäisrehun fosforia. Buraczewskan ym. (1996) mukaan viljan ja viljan sivutuotteiden fytaasipitoisuus on vähentynyt korkeassa lämpötilassa murskatessa. Vaikka tätä tutkimusta ei voida täysin soveltaa säilörehuun, koska Buraczewska ym. (1996) ovat tutkineet viljaa, säilörehun fytiinifosforin sulavuus saattaisi parantua fermentatioprosessin ansiosta.

## 8.2 Puristusprosessi, nesteen saanto ja kiintojae

Tässä tutkimuksessa rehumehun tuotanto toteutettiin koeolosuhteissa ja käytännön toimintaa varten tuotanto tulisi automatisoida. Säilörehumehua puristettiin viikoittain ja tähän tarvittiin nyt melko paljon henkilökuntaa. Puristusprosessia piti olla koko ajan jonkun henkilön valvomassa, ettei puristin menisi tukkoon ja kuljetin syöttäisi rehua tasaisesti puristimelle. Lisäksi henkilöitä tarvittiin ainakin säilörehun tuomiseen aumasta navetalle ja kiintojakeen siirtämiseen kasalle. Pumpatut rehukontit kuljettiin Jokioisilta pohjalaiselle sikatilalle. Koko puristusprosessi, jotta säilörehumehu saataisiin sikalaan, vaati siis paljon henkilötyötä. Jatkossa puristusprosessia voisi myös vaikeuttaa kalliin puristimen saaminen Suomeen. Tätä tutkimusta varten se oli vuokrattu Tanskasta, eikä ole tietoa, että tämän kaltaista puristinta olisi Suomessa.

Tutkimuksen alussa keskusteltiin myös siitä, voitaisiinko kiintojaetta käyttää mahdollisesti lypsylehmien rehuna puristuksen jälkeen. Kiintojakeen ravintoainekoostumuksesta selvisi, että kiintojae menetti puristusprosessin aikana paljon kosteutta, raakavalkuaista, sokeria ja tuhkaa. Näiden rehuanalyysien valossa kiintojae ei täytä sellaisenaan lypsylehmien ravintovaatimuksia, mutta Savosen ym. (2018) mukaan se pienensi lehmien maitotuotosta vain vähän. Kiintojae lämpeni puristusprosessin aikana, joten mikäli sitä ruokitaisiin eläimille, tulisi se varastoida niin, että se jäähtyisi puristuksen jälkeen nopeasti, eikä pääsis pilaantumaan. Stefańskin ym. (2018) mukaan kiintojae sopisi biokaasulaitokseen syöttämistä varten. Kiintojakeen voisi olettaa sopivan hyvin myös esimerkiksi ummessa oleville lehmille ja kasvaville naudoille.

Puristus vaikutti säilörehun ravintoainekoostumukseen selvästi. Puristussaanto ei vaihdellut paljoa puristuskertojen välillä. Säilörehumehun saantoprosentti oli tässä tutkimuksessa todella hyvä ja lähes 10 %-yksikköä korkeampi kuin Rinne ym. (2018) tutkimuksessa. Käytetty puristin oli sama kuin edellä mainitussa tutkimuksessa, mutta säilörehu oli peräisin eri erästä. Korkeampaan saantoprosenttiin vaikutti ainakin kosteampi säilörehu, kun se oli tehty sateisena kesänä 2017.

### 8.3 Tuotantotulokset

Tässä tutkimuksessa siat kasvoivat koko kokeen ajan hyvin, huolimatta siitä kumpaan ruokintaryhmään ne kuuluivat. Adler ym. (2018) mukaan sikojen päiväkasvu oli hidastunut säilörehumehua ruokittaessa loppukasvatuskaudella, mutta Carton ym. (1983) eivät olleet havainneet rehumehun vaikuttaneen negatiivisesti sikojen kasvuun. Tässä tutkimuksessa negatiivista vaikutusta kasvuun havaittiin, kun koeryhmän päiväkasvu oli loppujaksolla 40 grammaa per sika pienempi kuin kontrolliryhmän sikojen. Koeryhmän hitaampaan kasvuun oli luultavasti syynä matalampi kuiva-aineen ja energian saanti sekä koerehun heikompi aminohappokoostumus, kun koerehu sisälsi vähemmän lysiiniä. Tästä johtuen säilörehumehua saaneet siat kasvoivat loppukasvatuskaudella hieman kontrolliryhmää huonommin, vaikkakin molempien käsittelyiden kasvua voidaan pitää hyvänä.

Koeryhmän rehunkulutus oli kontrolliryhmää hieman matalammalla tasolla kokeen loppujaksolla, jolloin koeryhmä sai rehujensa seassa säilörehumehua. Alkujaksolla ryhmien välistä eroa ei ollut havaittavissa. Siat söivät kokeen ajan rehunsa hyvin, eikä heikentyntä maittavuutta havaittu. Cartonin ym. (1983) tutkimuksessa oltiin havaittu maittavuusongelmia vasta 4 viikkoa vanhalla rehumehulla, mutta tässä tutkimuksessa rehumehu ruokittiin melkein heti puristuksen jälkeen. Laskennalliset energia-arvot olivat koeryhmällä matalampia kuin kontrolliryhmällä, mutta energian hyväksikäytössä ei ryhmien välillä ollut suurta eroa. Tutkimuksen tavoitteena molemmille ryhmille loppukaudella 3,4 rehuyksikköä per päivä. Koeryhmä sai tämän, mutta kontrolliryhmä enemmän.

Aikaisempien tutkimusten perusteella tiedetään, että imisien lihaprosentti on leikkoja korkeampi (Partanen ym. 2006). Tilastollisessa mallissa teurastuloksissa oli ensi mukana käsittely ja sukupuoli, mutta koska sukupuoli ei ollut merkitsevä käsittelyiden välillä, se jätettiin tarkastelusta pois.

Tässä tutkimuksessa koeryhmän sikojen teurastulokset, muun muassa lihaprosentti, olivat kontrolliryhmää paremmat, mikä johtuu todennäköisesti siitä, että koeryhmä sai vähemmän energiaa, eikä sen vuoksi rasvoittunut. Barber ym. (1980) tutkimuksessa sinimailasmehua saaneilla sioilla oltiin havaittu paksumpaa selkäsilavaa ja huonompaa kaupallista luokittelua. Adler ym. (2018) olivat taas havainneet, että rehumehua saaneiden sikojen



lihan omega-3: omega-6-suhde oli kontrollikäsittelyyn verraten parempi. Sikojen teuras-paino oltiin tässä tutkimuksessa säädetty niin, että siat lähtivät kolmen viimeisen viikon aikana teuraaksi, kun ne olivat saavuttaneet halutun painon. Tilityspaino oli koeryhmällä 1,2 kiloa kontrolliryhmää korkeampi, mikä johtui kontrolliryhmän hieman korkeammasta elinten hylkäysprosentista.

Autofom mittauksien tulokset, joissa mitattiin punaisen lihan osuutta ruhon osassa, olivat myös koeryhmällä kontrolliryhmää paremmat edellä kerrottujen syiden perusteella. Ainoastaan keuhkokalvojen hylkäyksien suuruus oli selvästi korkeampi kontrolliryhmällä, mutta syy tähän on epäselvä. Hännänpurentaa havaittiin kokeessa hyvin vähän, vain muutamalla eläimellä. Syynä pieneen hännänpurentaprosenttiin voidaan pitää hyviä tuotanto-olosuhteita.

#### **8.4 Tulosten luotettavuus ja sovellettavuus**

Tämä tutkimus tehtiin tilakokeena, joita ei olla sikaloissa vielä paljoa tehty. Tilakokeet tulevat lähitulevaisuudessa yleistymään paljon, koska tällä hetkellä Suomessa ei ole käytössä tutkimussikalaa. Tilakokeen aikana syntyvien väärinkäsitysten ehkäisemiseksi jatkotutkimuksissa voisi auttaa vieläkin parempi ja yksityiskohtaisempi ohjeistus tilalle sekä vastuualueiden selkeyttäminen tilakokeen aikana. Lisäksi tutkimuksen aikana vuoropuhelu sikalan kanssa on erittäin tärkeää, jotta korjattavissa oleviin inhimillisiin virheisiin olisi mahdollista puuttua jo kokeen aikana.

Päiväkasvun, rehunkulutuksen ja rehuhyötysuhteen laskenta katkaistiin tässä tutkimuksessa ennen teurasjaksoa laskennallisista syistä, kun siat olivat saaneet säilörehumehua 5 viikkoa. Tämä johtui siitä, että siat lähtivät, kuten oltiin suunniteltu, teuraaksi 3 viikon aikana, kukin silloin kun teuraspaino 120 kg oli saavutettu. Teurasjakson ajalta saatiin kuitenkin vain teuraaksi lähtevien sikojen painot, informaatiokatkoksen vuoksi. Sikalaan jäävät siat olivat voineet kuitenkin olla huomattavasti pienempiä kuin esimerkiksi ensimmäisellä teurastuskerralla lähtevät siat olivat, joten tulosten laskeminen näillä painoilla olisi vaikeutunut ja tulosten luotettavuus kärsinyt merkittävästi. Kasvu- ja rehutulosten sovellettavuuden kannalta ei katsottu haitalliseksi, vaikka laskutoimitukset ovat 5 viikon ajalta, vaikkakin 8 viikon ajalta olevat tulokset olisivat antaneet enemmän varmuutta. Lisäksi tuloksista jätettiin pois myös venttiilit, joilta ei oltu saatu kaikilta punnituskerroilta

kaikkien karsinassa olleiden sikojen painotietoja esimerkiksi jonkin sekaannuksen vuoksi.

Normaalisti rehunkulutus lasketaan rehutiedoista ruokintalaitteen antamien ruokintatietojen avulla, kun ruokintalaite ilmoittaa annostelemansa rehut kuiva-ainekiloina ja rehuyksikköinä. Ruokintalaite nollattiin manuaalisesti haluttuna päivänä. Tässä tutkimuksessa vain rehuyksiköt oltiin epähuomiossa nollattu, joten rehujen laskenta suoritettiin ensin pohjautuen laskennallisiin arvoihin ja tämän jälkeen analysoituihin koostumuksiin. Vaikkakin rehut aiheuttivat paljon laskemista, voidaan tuloksia muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta pitää luotettavina.

Tässä tutkimuksessa ruokintajakso ja eläinten punnitusjakso eivät olleet täysin samat, koska eläimet punnittiin sunnuntaisin ja rehut nollattiin tiistaisin. Sikojen punnitus oli inhimillisistä syistä sijoitettu viikonloppuun, jolloin tilalla oli enemmän henkilökuntaa auttamassa. Rehujen nollaus taas oli määritetty tiistaille, jolloin tilalla kävi teurasauto. Ruokintalaitteen nollaus kannatti määrittää lähtevien sikojen mukaan, jolloin karsinan rehumäärä per sika oli mahdollista laskea. Tämän tutkielman tulosten laskennassa ei otettu laskentajaksojen eriävyyttä huomioon, koska laskentajaksojen yhdistäminen olisi lisännyt tulosten epävarmuutta ja olisi ollut lähinnä suuntaa antava. Lisäksi jaksot ovat kuitenkin saman mittaiset, vaikkakin toiminnot on tehty eri päivinä. Edellä kuvattu asia tulee kuitenkin huomioida tarkasteltaessa rehuhyötysuhteen luotettavuutta. Tämän tutkielman rehuhyötysuhde ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää puristetun säilörehumehun vaikutuksia lihasikojen liemiruokinnan täydentäjänä painon kehityksen, rehunkulutuksen, rehuhyötysuhteen ja teuraslaadun kannalta. Aihe on tärkeä, koska täydennysvalkuaisen omavaraisuusaste on tällä hetkellä Suomessa matala ja halutaan etsiä uusia valkuaisen lähteitä yksimahaisille, jotka olisivat samalla ekologisista ja kiertotalouden huomioivia. Säilörehumehua ei olla tutkittu sikojen ravitsemuksen täydentäjänä vielä paljoa, joten tällä tutkimuksella on uutuusarvoa. Tutkimuksen hypoteesit toteutuivat osittain, koska prosessoitu säilörehumehu soveltui ominaisuuksiltaan osaksi lihasikojen komponenttiliemiruokintaa.

Säilörehumehun nestemäinen koostumus soveltui hyvin liemirehun täydentäjäksi, koska se voitiin sekoittaa sellaisenaan liemirehun joukkoon ja seos kulkeutui putkistoissa hyvin. Säilörehumehu säilyi hyvin, eikä säilöntäaineita tarvittu. Timoteinurminatasäilörehusta puristettu säilörehumehu oli aminohappopitoisuudeltaan vaatimaton lihasian ainoaksi valkuaisrehuksi ajateltuna. Tästä johtuen tämän tutkimuksen perusteella rehumehu voisi korvata valkuastiivistettä tai soijaa osittain, muttei kokonaan. Rehumehun valkuaispitoisuuden nostamiseksi voitaisiin kokeilla erilaisesta nurmiseoksesta valmistettua säilörehumehua.

Säilörehumehua sisältänyt liemirehu maittoi sioille hyvin. Sikojen rehunkulutus oli koko kokeen ajan molemmissa käsittelyissä hyvä, mutta loppukasvatuskaudella rehunkulutus oli rehumehua saaneella ryhmällä kontrolliryhmää matalampi. Rehujen koostumus ja laatu vaikuttaa sikojen kasvuun ratkaisevasti. Koeryhmän hitaampi kasvu selittyy rehujen kuiva-aine, nettoenergia ja valkuaispitoisuuden eroavaisuuksilla, joita tutkimuksessa käytetyissä rehussa esiintyi. Koerehun kuiva-ainepitoisuus oli matalampi, jolloin koeryhmän kuiva-aineen syönti jäi myös matalammaksi. Koerehun nettoenergiapitoisuus oli kontrollirehua hieman matalampi, jolloin nettoenergian saanti jäi myös matalammaksi. Vaikka-kin koerehujen raakavalkuaispitoisuus oli hieman kontrollirehua korkeampi, oli sen aminohappopitoisuus hieman vaatimattomampi esimerkiksi lysiinin osalta.

Rehumehua saaneen ryhmän teurastulokset olivat kontrolliryhmää hieman paremmat esimerkiksi tilityspainon, lihakkuusprosentin ja autofom mittausten perusteella. Koeryhmän paremmat teurastulokset johtuivat todennäköisesti siitä, että koeryhmä sai vähemmän energiaa ja ne eivät tämän vuoksi rasvoittuneet. Tämän tutkielman perusteella säilörehumehun ruokinta lihasioille olisi mahdollista, mikäli se pystyttäisiin toteuttamaan niin, että se olisi sikatilalle taloudellisesti kannattavaa.

Säilörehumehun ruokinta mahdollistaisi sikataloudelle monia erilaisia hyötyjä ja potentiaalisesti arvokkaita ominaisuuksia. Se laskee pH:ta stabiloiden rehua ja ruoansulatuskanavan sisältöä, sisältää energiaa, kivennäisaineita ja vitamiineja. Muita hyötyjä ovat esimerkiksi viljelykierto, ekologisuus ja biojalostamotalous. Yleisesti tiedetään, että nurmet parantavat maan rakennetta monin eri tavoin, joten nurmien sisällyttäminen viljelykiertoon olisi kaikkien edun mukaista. Nurmien viljely vaatii koneita, joita sikatiloilla ei välttämättä ole. Konekustannuksien pienentämistä varten viljelijät voisivat mahdollisesti

käyttää urakointia tai yhteiskoneita. Ekologisuus, luomutuotanto ja raaka-aineiden puhdistus ovat tämänhetkisiä trendejä myös sikatiloilla. Rehumehu on ekologista ja nurmituotanto on aina kotimaista. Rehumehusta hyötyisi myös biojalostamotalous, kun puristetun kiintojakeen voisi käyttää biojalostamon syötteenä. Tämän tutkielman perusteella säilörehumehua voidaan pitää potentiaalisena sikojen ruokinnan täydentäjänä tulevaisuudessa sikatiloilla. Lisätutkimusta tarvittaisiin, jotta voitaisiin selvittää rehumehun ohutsuolisavuutta sioilla. Säilörehumehun sisällyttäminen sikojen ruokintaan tarkoittaisi myös, että rehumehun tuotantoprosessi saataisiin koneellistettua ja tätä kautta sikatilalle kannattavammaksi.

## 10 KIITOKSET

Haluan kiittää tutkielmani ohjaajaa professori Jarmo Valajaa erittäin hyvästä työn ohjauksesta ja kannustuksesta tätä työtä tehdessäni. Sain kysymyksiini aina selkeät vastaukset nopeasti, joten pääsin aina työssäni eteenpäin, eikä hankalalta tuntuneiden asioiden kanssa tarvinnut jäädä miettimään pidemmäksi aikaa.

Kiitos yhteistyöstä ja ohjauksesta Lukelle erikoistutkija Liisa Kedolle ja tutkija Sini Perttilälle. Paljon kiitoksia tutkimusprofessori Marketta Rinteelle, sain erityisen hyviä ohjeita ja vinkkejä työhöni viimeistelyvaiheessa. Kiitokset myös Atrialle Niina Immoselle tutkielmani lukemisesta ja kommentoinnista.

Haluan kiittää myös perhettäni, olette olleet minulle tukena opintojeni aikana. Kiitos myös Visa-Valtterille ymmärryksestä, tuesta ja avusta.

## 11 LÄHTEET

- Adler, S. A., Johansen, A., Ingvoldstad, A. K., Eltun, R. & Gjerlaug-Enger, E. J. 2018. Forages - a local protein source for growing pigs. Teoksessa: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B.-O. & Liljeholm, M., (toim.). (Proceedings of the 9th Nordic Feed Science Conference, June 12–13 2018 Uppsala, Sweden). Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2018, Department of Animal Nutrition and Management. s. 61–65.
- Altia Industrial. 2018. <https://www.altiaindustrial.com/>. Viitattu 1.8.2018.
- Anon. 1971. Determination of crude oils and fats. Official Journal of European Community Legislations, 297: 995–997.
- Antikainen, T., Ylikännö, M., Onnela, M., Leija, J., Salonen, J., Hakanen, P. & Rantala, J. 2017. Suomalaisen sianlihan tuotannon strategia 2017 - 2030. [https://www.mtk.fi/maatalous/maatalous\\_suomessa/sianlihan tuotanto/fi\\_FI/suomalaisen\\_sianlihan tuotannon\\_strategia\\_2017-2030/\\_files/97779314660803389/default/Suomalaisen\\_sianlihan tuotannon\\_strategia\\_2017-2030.pdf](https://www.mtk.fi/maatalous/maatalous_suomessa/sianlihan tuotanto/fi_FI/suomalaisen_sianlihan tuotannon_strategia_2017-2030/_files/97779314660803389/default/Suomalaisen_sianlihan tuotannon_strategia_2017-2030.pdf). Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK r.y. Laadittu 11.4.2017. Tulostettu 2.2.2018.
- Barber, R. S., Braude, R., Mitchell, K. G., Partridge, I. G. & Pittman, R. J. 1980. Value of freshly produced lucerne juice as a source of supplemental protein for the growing pig. *Animal Feed Science and Technology* 5: 215–220.
- Beal, J.D., Niven, S. J., Brooks, P. H. & Gill, B. P. 2005. Variation in short chain fatty acid and ethanol concentration resulting from the natural fermentation of wheat and barley for inclusion in liquid diets for pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 433–440.
- Boisen, S., Hvelplund, T., & Weisbjerg, M. R. 2000. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livestock Production Science* 64: 239–251.
- Braude, R. & Rowell, J. G. 1967. Comparison of dry and wet feeding of growing pigs. *Journal of Agricultural. Abstract. Science Cambridge* 68: 325.

- Brooks, P.H., Beal, J.D. & Niven, S. 2001. Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. [https://www.researchgate.net/profile/Peter\\_Brooks6/publication/285035317\\_Liquid\\_feeding\\_of\\_pigs\\_potential\\_for\\_reducing\\_environmental\\_impact\\_and\\_for\\_improving\\_productivity\\_and\\_food\\_safety/links/567c39c708ae1e63f1e328d7/Liquid-feeding-of-pigs-potential-for-reducing-environmental-impact-and-for-improving-productivity-and-food-safety.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Peter_Brooks6/publication/285035317_Liquid_feeding_of_pigs_potential_for_reducing_environmental_impact_and_for_improving_productivity_and_food_safety/links/567c39c708ae1e63f1e328d7/Liquid-feeding-of-pigs-potential-for-reducing-environmental-impact-and-for-improving-productivity-and-food-safety.pdf). Recent Advances in Animal Nutrition in Australia, Volume 13. Tulostettu 1.2.2018.
- Buraczewska, L. Valaja, J., Buraczewski, S., Näsi, M. & Gdala, J. 1996. Digestibility and availability of protein and phosphorus in pigs fed wet barley protein and wet distillers solids from integrated starch-ethanol production. *Animal Feed Science Technology* 58: 201–212.
- Canibe, N. & Jensen, B. B. 2003. Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs: Effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance. *Journal of Animal Science*, 81: 2019–2031.
- Canibe, N. & Jensen, B. B. 2012. Fermented liquid feed—Microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. *Animal Feed Science and Technology* 173: 17–40.
- Carton, O., Maguire, M. F. & Craig, J. 1983. The Nutritive Value of Preserved Grass Juice for Growing Pigs. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 22: 95–104.
- Chu, G.-M., Ohmori, H., Kawashima, T., Funaba, M. & Matsui, T. 2009. Brewer's yeast efficiently degrades phytate phosphorus in a corn-soybean meal diet during soaking treatment. *Animal Science Journal* 80: 433–437.
- Cumby, T. R. 1986. Design requirements of liquid feeding systems for pigs: A review. *Journal of agricultural engineering research* 34: 153–172.
- De Lange, C.F.M. & Zhu, C.H. 2012. Liquid feeding corn-based diets to growing pigs: practical considerations and use of co-products. Patience, J.F. (toim.) *Teoksessa: Feed efficiency in swine (pdf)*, 63–80. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28, 350–356.
- Ecker, J., Schaffenberger, M., Koschuh, W., Mandl, M., Böchzelt, H.G., Schnitzer, H., Harasek, M. & Steinmüller, H. 2012. Green Biorefinery Upper Austria – Pilot Plant operation. *Separation and Purification Technology* 96: 237–247.
- Evira, 2017. Viljaverkko. <https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/viljan-laatu/nit-viljaverkko/>. Viitattu 19.7.2018.
- Euroopan komissio. 1998. Komission direktiivi 98/64/EY yhteisön määrittämenetelmistä rehujen aminohappojen, raakarasvan ja olakvindoksin määrittästä varten ja direktiivin 71/393/ETY muuttamisesta. Annettu 3.9.1998. Virallinen lehti nro L 257, 19/09/1998, s. 14–28. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A31998L0064>. Tulostettu 31.1.2019.
- Euroopan komissio. 2009. Komission asetus näytteenotto- ja määrittämenetelmistä rehujen virallista valvontaa varten. Asetus 152/2009. Annettu 27.1.2009. <https://publications.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/0692186d-b5c6-4c2e-aab6-fc96574adf01/language-fi>. Viitattu 31.1.2019.
- Euroopan parlamentti ja Euroopan Unionin neuvosto 2013. Euroopan parlamentin ja Euroopan unionin asetus yhteisen maatalouspolitiikan tukijärjestelmissä viljelijöille myönnettäviä suoria tukia koskevista säännöistä ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 637/2008 ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 73/2009 kumoamisesta. Asetus 1307/2013. Annettu 17.12.2013. Euroopan unionin virallinen lehti, 347/608. <https://eur-lex.europa.eu/LexUri-Serv/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0608:0670:FI:PDF> Julkaistu 20.12.2013, viitattu 16.8.2018. 63 s.
- FEFAC 2009. Environment report 2009. <http://www.fefac.eu/files/37112.pdf>. European feed manufacturers federation. Viitattu 21.5.2018.
- FEFAC 2016. Feed & Food Statistical Yearbook 2016. <http://www.fefac.eu/files/79278.pdf>. feed manufacturers federation. Viitattu 21.5.2018.

- Franco, M., Hurme, T., Winkvist, E. & Rinne, M. 2018. Grass silage for biorefinery – A meta-analysis of silage factors affecting liquid-solid separation. Käsikirjoitus. Luonnonvarakeskus Luke, Jokioinen. 22 s.
- Huida, L., Väättäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silages as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215–230.
- Houdijk, J. G. M., Hartemink, R., Verstegen, M. W. A. & Marlou Bosch, W. 2002. Effects of Dietary Non-Digestible Oligosaccharides on Microbial Characteristics of Ileal Chyme and Faeces in Weaner Pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 56:4, 297-307.
- Innofeed. 2018. <https://www.ibcfinland.fi/projects/innofeed/> Viitattu 1.8.2018.
- Kaukovirta-Norja, A., Leinonen, A., Morkkila, M., Wessberg, N. & Niemi, J. 2015. Tiekartta Suomen proteiiniomavaraisuuden parantamiseksi. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. 73 s.
- Koller, M., Bona, R., Hermann, C., Horvat, P., Martinz, J., Neto, J., Pereira, L., Varila, P. & Brauneegg, G. 2005. Biotechnological production of poly(3-hydroxybutyrate) with *Wautersia eutropha* by application of green grass juice and silage juice as additional complex substrates. *Biocatalysis and Biotransformation* 23 (5): 329–337.
- Koschuh, W., Povoden, G., Thang, V., Kromus, S., Kulbe, K., Novalin, S. & Krotscheck, C. 2004. Production of leaf protein concentrate from ryegrass (*Lolium perenne x multiflorum*) and alfalfa (*Medicago sativa subsp. sativa*). Comparison between heat coagulation/centrifugation and ultrafiltration. *Desalination* 163: 253–259.
- Kromus, S., Wachter, B., Koschuh, W., Mandl, M., Krotscheck, C. & Narodoslawsky, M. 2004. The Green Biorefinery Austria – Development of an Integrated System for Green Biomass Utilization. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly* 18 (1): 7–12.
- Luke. 2018. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. [www.luke.fi/rehutaulukot](http://www.luke.fi/rehutaulukot) Luonnonvarakeskus Luke. Viitattu 1.8.2018.
- Missotten, J. A. M., Michiels, J., Ovin, A., De Smet, S. & Dierick, N.A. 2010. Fermented liquid feed for pigs. *Archives of Animal Nutrition* 64: 437–66.



- Missotten, J. A. M., Michiels, J., Degroote, J. & De Smet, S. 2015. Fermented liquid feed for pigs: an ancient technique for the future. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 2015, 6(4).
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C. & Gerber, P. 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* 14, 1–8.
- Myklestad S.M., Skanoy E. & Hestmann S. 1997. A sensitive and rapid method for analysis of dissolved mono- and polysaccharides in seawater. *Marine Chemistry* 56 (3-4), 279–286.
- National Research Council. 2012. Nutrient requirements of swine. Committee on Nutrient Requirements of Swine. 11 korjattu painos. Washington, DC: National Academies Press. 400 s.
- Ncobela, C.N. Kanengoni, A.T. Hlatini, V.A. Thomas, R.S. & Chimonyo, M. 2017. A review of the utility of potato by-products as a feed resource for smallholder pig production. *Animal Feed Science and Technology* 227, 107–117.
- Niemi, J. 2016. Proteiiniomavaraisuus –miten määritellään ja missä mennään? [https://www.luke.fi/scenoprot/wp-content/uploads/sites/5/2016/08/Proteiiniaamu\\_Jarkko\\_Niemi.pdf](https://www.luke.fi/scenoprot/wp-content/uploads/sites/5/2016/08/Proteiiniaamu_Jarkko_Niemi.pdf). Luonnonvarakeskus Luke. Muokattu 24.8.2016, tulostettu 22.2.2018.
- Niemi, J. & Huan-Niemi, E. 2012. Global Trade in Agricultural Inputs. The Road to 2050: The China Factor (the 22nd Annual IFAMA Forum and Symposium, June 11–14 2012, Shanghai, China). 11s.
- Nishino, N. Ohshima, M. & Hiro-omi, Y. 1991. Nutritive Value of Rice Straw Ensiled with Intact or Alkalized Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* LAM.) Green Juice. *Japanese Society of Grassland Science* 37 (2): 203–212.
- Niven, S. J., Zhu, C. L., De Lange, C. F. M. 2009. Propionic acid and whey permeate to improve the nutritional value of stored high- moisture corn for swine liquid feeding (Abstract). *Canadian Journal of Animal Science* 89 (1): 173.

- Nørgaard, J.V., Petersen, J.K., Tørring, D.B., Jørgensen, H., & Lærke, H.N. 2015. Chemical composition and standardized ileal digestibility of protein and amino acids from blue mussel, starfish, and fish silage in pigs. *Animal Feed Science and Technology* 205: 90–97.
- Näsi, M. 1985. Distillers feeds from various grains as protein sources for pigs. *Journal Agricultural Science in Finland* 57: 255–262.
- Näsi, M. 1989. Barley feed fractions from integrated ethanol-starch process in diets of pigs. *Journal of agricultural science in Finland* 61: 441–450.
- Näsi, M. & Aimonen, E. 1992. Evaluation of undehydrated barley feed fractions and dried oat feed fractions from integrated starch-ethanol process in diets of growing pigs. *Agricultural Science in Finland* 1: 291–301.
- Patterson, D. C. & Walker, N. 1979a. The use of effluent from grass silage in the diet of finishing pigs. I. Variation in composition of effluents. *Animal Feed Science and Technology*, 4: 263–274.
- Patterson, D. C. & Walker, N. 1979b. The use of effluent from grass silage in the diet of finishing pigs. II. Assessment of nutritive value of fresh and stored effluent. *Animal Feed Science and Technology*, 4: 275–293.
- Partanen, K., Honkavaara, M., Siljander-Rasi, H. & Kivistö, N. 2006. Teurastusta edeltävä paasto ja kuitupitoinen rehu parantavat sianlihan laatua. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/461682/mtt-kjak-v63n01s11.pdf?sequence=1>. Koetoiminta ja käytäntö. Jukuri nro 1, s. 11. Laadittu 20.3.2006. Viitattu 30.3.2018.
- Peltonen-Sainio, P. & Niemi, J. K. 2012. Protein crop production at the northern margin of farming: to boost, or not to boost. *Agricultural and food science* 21: 370–383.
- Poelaert, C., Beckers, Y., Despret, X., Portetelle, D., Francis, F. & Bindelle, J. 2016. In vitro evaluation of fermentation characteristics of two types of insects as potential novel protein feeds for pigs. *Journal of Animal Science* 94 (3): 198–201.

- Rinne, M., Keto, L., Siljander-Rasi, H., Stefanski, T. & Winqvist, E. 2018. Nurmisäilörehupohjainen nestemäinen rehu maittoi hyvin sioille ja lehmillä. Tiivistelmä. Puhakainen, T. & Hakojärvi, M. (toim.). Maataloustieteen päivät 2018, 10.-11.1.2018 Viikki, Helsinki. Esitelmä- ja posteritiivistelmät. Vantaa: Tikkurilan Paino Oy. 285 s.
- Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland*, 40: 38–45.
- Savonen, O., Franco, M., Stefanski, T., Mäntysaari, P., Kuoppala, K. & Rinne, M. 2018. Grass silage for biorefinery - Dairy cow responses to diets based on solid fraction of grass silage. Teoksessa: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B.-O. & Liljeholm, M., (toim.). (Proceedings of the 9th Nordic Feed Science Conference, June 12–13 2018 Uppsala, Sweden). Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2018, Department of Animal Nutrition and Management. s. 55–60.
- Scholten, R.H.J., van der Peet-Schwering, C.M.C., Verstegen, M.W.A., den Hartog, L.A., Schrama, J.W. & Vesseura, P.C. 1999. Fermented co-products and fermented compound diets for pigs: a review. *Animal Feed Science and Technology* 82: 1–19.
- Siljander-Rasi, H. 2016. Luonnonvarakeskus Palkokasveista on moneksi -työpaja. [http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2016/11/Siljander\\_Rasi\\_Palkokasvit-sikojen-ruokinnassa\\_12122016.pdf](http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2016/11/Siljander_Rasi_Palkokasvit-sikojen-ruokinnassa_12122016.pdf). Tulostettu 28.1.2019.
- Smith, L. A., Houdijk, J.G.M., Kyriazakis, D., Homer, I. & Kyriazakis, I. 2013 Effects of dietary inclusion of pea and faba bean as a replacement for soybean meal on grower and finisher pig performance and carcass quality. *Journal of Animal Science* 91(8): 3733–3741.
- Sol, C., Castillejos, L. & Gasa, J. 2016. Digestibility of some conventional and non-conventional feedstuff and co-products to be used in liquid feed growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 222, 168–179.
- St1. 2018. <https://www.st1.fi/>. Viitattu 1.8.2018.
- Stefański, T., Franco, M., Savonen, O., Jalava, T., Winqvist, E. & Rinne, M. 2018. Grass silage for biorefinery – Separation efficiency and aerobic stability of silage, solid and liquid fractions. Teoksessa: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B.-O. &

- Liljeholm, M., (toim.). (Proceedings of the 9th Nordic Feed Science Conference, June 12–13 2018 Uppsala, Sweden). Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2018, Department of Animal Nutrition and Management. s. 153–158.
- Stødkilde, L., Damborg, V. K., Jørgensen, H., Lærke, H. N. & Jensen, S. K. 2018. White clover fractions as protein source for monogastrics: dry matter digestibility and protein digestibility-corrected amino acid scores. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98:2557–2563.
- Stein, H. H., Gibson, M. L., Pedersen, C. & Boersma, M. G. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 84: 853–860.
- SVT 2018. Suomen virallinen tilasto. Kotieläinten lukumäärä. Helsinki: Luonnonvarakeskus. <http://www.stat.fi/til/klm/index.html>. Viitattu: 2.2.2018.
- Thang, V. H. & Novalin, S. 2008. Green Biorefinery: Separation of lactic acid from grass silage juice by chromatography using neutral polymeric resin. *Bioresource Technology* 99 (10): 4368–4379.
- Valaja, J. 1998. Nutritive value of wet barley by-products from the integrated starch-ethanol process for pigs. Väitöstudkimus. Yliopistopaino: Helsinki.
- Van Winsen, R., Lipman, L., Biesterveld, S., Urlings, B., Snijders, J. & van Knapen, F. 2000. Mechanism of Salmonella reduction in fermented pig feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 342–346.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583–3597.
- Wang, C., Shi, C., Zhang, Y., Song, D., Lu, Z. & Wang, Y. 2018. Microbiota in fermented feed and swine gut. *Applied Microbiology and Biotechnology* 102: 2941–2948.